الفحص الهندسي في المنشآت النفطية

إدارة قسم السلامة والتفتيش
في مصفى الدورة

ش ٢
ك
١٢٤

5703
622

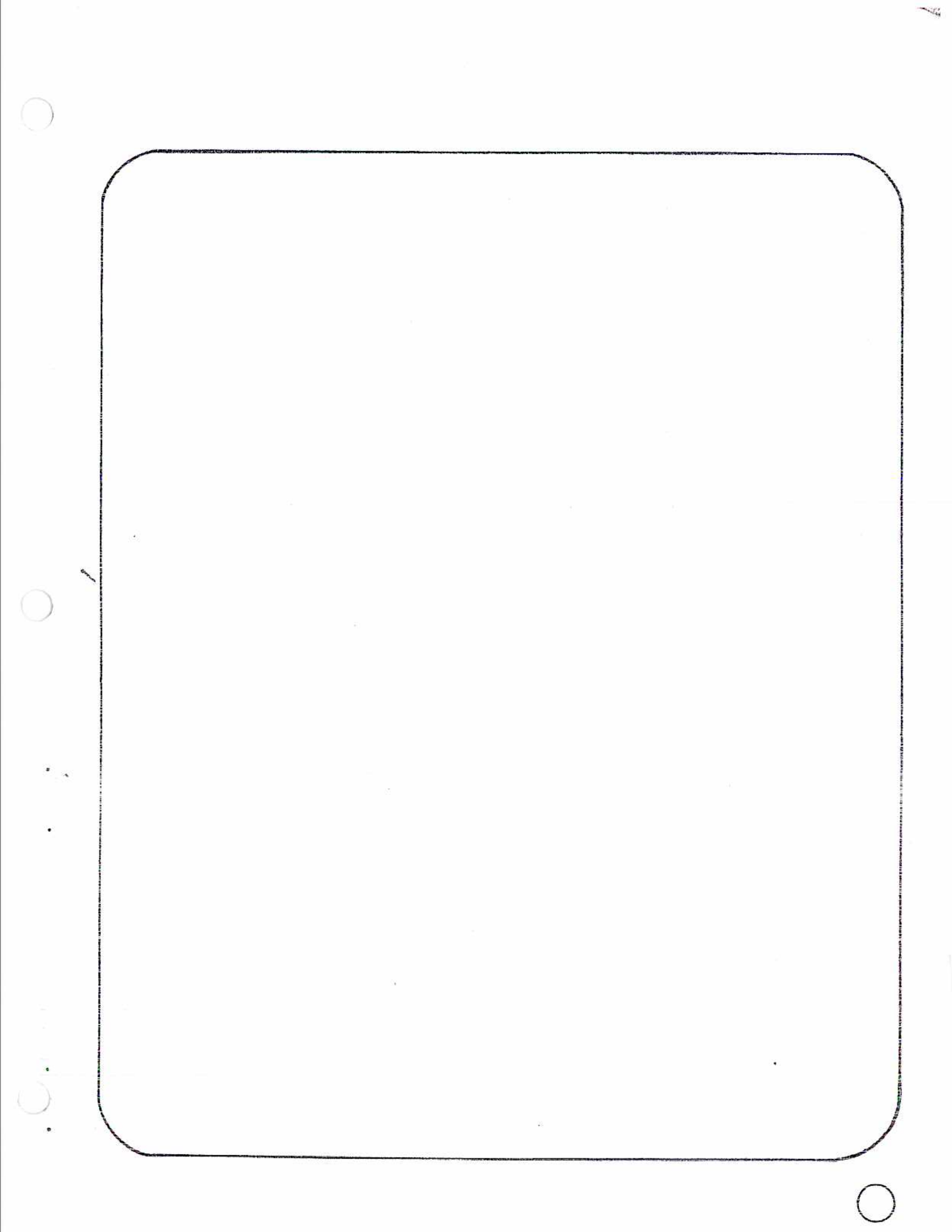
الجمهورية العراقية　　　وزارة النفـــط

١٩٧٩　　　المؤسسة العامة لتصفية النفط وصناعة الغـــاز

الفحص الهندسي في المنشآت النفطيه

اعداد

قسم السلامه والتفتيش - مصفى الدوره



« الفحص الهندسي في المنشآت النفطية »

اعـداد قسم السلامة والتفتيش

مصـنفي الـدورة

بدري صالح جاسم / رئيس هيئة التحرير

علي احمد مصطفى / مساعد هيئة التحرير

المشـاركون

كامل جعفر الفتلي

بدري صـالح جاسـم

علي احمـد مصطفى

حكمت جعفـر الحسن

ارشـد محمد علي

زاهر شـاكر السـلمان

زهير عبدالاحـد ميرزا

علي جاسـم كاظم

شـمعون جرجيس اسـحق

عبدالقادر عبدالوهاب فهد

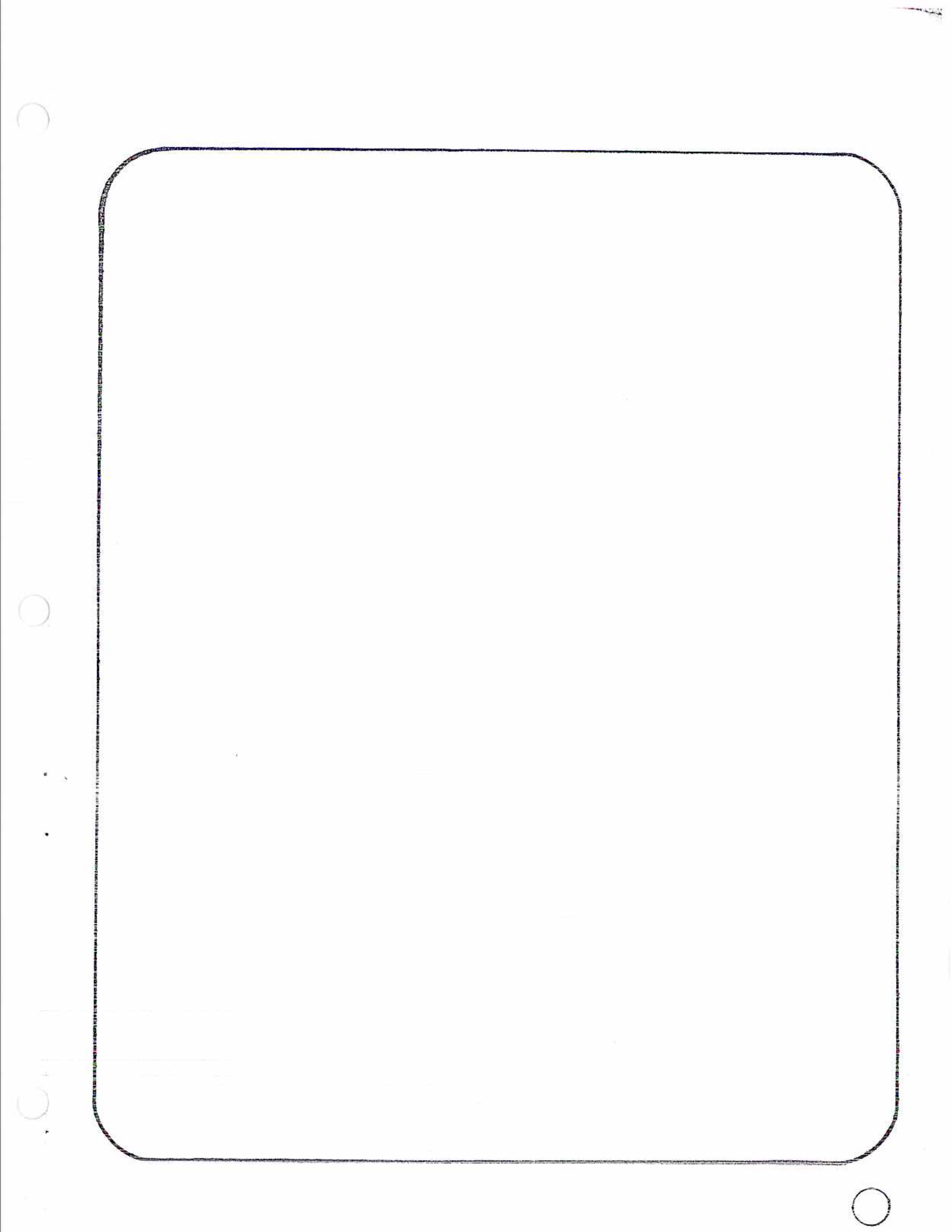
قام بطبع وتحضير التقارير واخذ الصـور الفوتوغرافية واستنساخ المخطوطات والصور الاخرى السادة :ـ

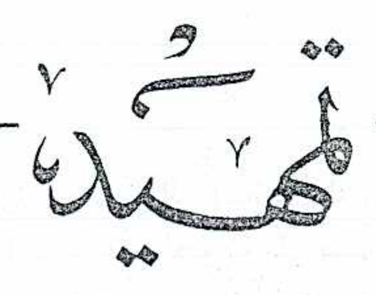
عبدالمحسن عبدالسـادة

عبدالحسـين وشـاح

سـعاد عبدالواحـد

قام بالاشراف على الطبع في مطبعة سـلمى الفنية الحديثة ومراجعة النصوص وتهيئـة المخطوطات للطبع الانسة عامرة غانم احمد .





عزيـــزي القـــاريء

يسرنا ان نضع بين يديك هذا الكتاب (الفحص الهندسي في المنشآت النفطية) آملين ان يكون لك عونا كبيرا في كل مايتعلق باعمال الفحص الهندسي للمعدات والاجهزة الصناعية المختلفة .. وخاصة تلك التي تتعلق بالصناعة النفطية .

يعرف الفاحص الهندسي بانه الشخص المؤهل لاجراء فحص او اختبار او تدقيق او القيام بـأي عملية للتمكن من معرفة مدى صلاحية اي جهاز اومعدة للاشتغال بصورة سليمة تحـت الظـروف التشغيلية المسلطة .

API

وبناء على هذا التعريف الوارد في دليـل الفحص الهندسي لمعهد البترول الامريكي .. لايخفى عليك اهمية هذا العمل الكبير وخاصة اذا نظرنا الى تعقد اجهزة ومعدات الصناعة النفطية وتنوعها .

في بداية هذا القرن كانت عمليات تصـفية النفط الخام تتم تحت ظروف معتدلة نسبيا ولـم تكن تتجاوز (١٠٠) باوند / الانج المربـع و٧٥٠ درجة فهرنهايت في افران التسخين .

وبعد الحرب العالمية الاولى والزيادة السريعة التي حدثت باستعمال السيارات وتطور محركـات الديزل مما ادى الى ضرورة انتاج كميات كبيرة من البنزين وزيت الغاز على حساب المنتجات الثقيلـة المكونة للنفط الخام .. حيث تم ذلك باستعمـال طرق انتاج مناسبة لتكسير المنتجات الثقيلة بغيـة زيادة المنتجات الخفيفة بالنسبة للنفط الخام . ولـم يكن ذلك ممكنا الا باستعمال طرق انتاج تزداد فيها درجات الحرارة والضغط كثيرا عن الحدود التـي كانت تستعمل في بداية عهد التصفية .

ولقد اصبح واضحا مدى الحاجة الى وسـائل فحص كفوءة للتمكن من معرفة سلامة الاجهـزة المستعملة في عمليات التصفية وذلك للمحافظـة على الارواح والممتلكات من جهة ، وللتمكن من ادامـة استمرارية التشغيل ولفترات طويلة من جهـة اخـرى .

ولقد تطور واجب الفحص الهندسي .. مـن عمليات الكشف على الاجهزة بغية اجراء التصليحات اللازمة عليها الى عمليات تقدير عمر هذه الاجهزة .. ودراسة التردي الذي يصيبها واقتـراح الوسائل الكفيلة بايقافه .. كما تطلب مهـارات واجهزة جديدة ادخلت بالتدريج الى عمليات الفحص الهندسي .. كالتصويـر الشـعاعي والذبذبات فوق الصوتية والنظائر المشعة والتصوير الحراري وغيرهـا .

كما ادت الحاجة الى معالجة المنتجات وازالة الشوائب فيها كالكبريت وغيره الى استعمال طـرق انتاج جديدة ادخلت بواسطتها معادن وسبائك حديثة في صنع الاجهزة والمعدات لم تكن مستعملة سابقا .. أدت الى تطورات اضافية في مجال الفحـص الهندسي حيث اصبح مرتبطا بصورة وثيقة مع علـم المعادن وخواصها . Metallurgy



يحتوي هذا الكتاب على ستة فصول تتصرض الى اساليب واجهزة الفحص الهندسي وطرقه المختلفة بالنسبة للمعدات النفطية .. اضافة على احتوائه على فصل مهم جدا لشرح ظاهرة التآكل ومسبباتها وفصلا اخر عن اللحام بانواعه المختلفة.. والسبل الكفيلة للحصول على لحام جيد .

وهذا الكتاب .. لم يكن الا حصيلة جهد كبير من منتسبي قسم السلامة والتفتيش في المنشأة العامة لتصفية النفط في المنطقة الوسطى / مصفى الدورة .. وكان اعداده نتيجة للشعور بحاجة المهندس الدائمة الى مثل هذا الدليل كمرجع عمل اولا ، وكوسيلة ثقافية لتعريف مهندسي التشغيل والصيانة باهمية الفحص الهندسي من جهة وباساليب المحافظة على المعدات وادامتها من جهة ثانية .

وان لنا املا كبيرا في ان تتطور مهنة الفحص الهندسي في العراق لكي تواكب المتطلبات الجديدة لنهضتنا الصناعية وان الجهد يجب ان ينصب في السنوات القادمة على مايلي :-

١ - خلق جيل من الفاحصين المدربين على مختلف اجهزة الفحص لهم القابلية الجيدة في تفسير نتائج عملهم واعطاء القرارات الصحيحة .

٢ - التمكن من شراء واستعمال الاجهزة الحديثة والمتطورة التي تدخل الى هذه العملية باستمرار .

٣ - اقامة علاقات جيدة مع شركات ومعاهد الفحص الهندسي للتعاون في حل مشاكل مشتركة بطرق علمية واقتصادية .. وكذلك في تبادل الخبرات ونقل التكنولوجيا .

٤ - الدخول في مجالات الفحص لاغراض المشاريع قبل واثناء الانشاء وكذلك فحص المعدات اثناء التصنيع بصورة اكبر مما يجري حاليا .

٥ - الوصول الى اساليب فحص متكاملة لمجمل القطاع الصناعي لاغراض فحص المعدات المتشابهة وعدم اقتصار ذلك على صناعة معينة دون غيرها .

وختاما اود ان اشكر منتسبي قسم السلامة والتفتيش في المنشأة العامة لتصفية النفط في المنطقة الوسطى / مصفى الدورة .. على جهدهم في اعداد هذا الكتاب متمنيا لهم النجاح والموفقية في عملهم.. واملا منهم متابعة كافة التطورات الجديدة بغية ادخالها على طبعاته القادمة .

ولايمكن ان ننسى في هذا المجال الدعم الذي نلقاه دائما من وزارة النفط والمؤسسة العامة لتصفية النفط وصناعة الغاز التي شجعت كثيرا في الاقدام على كل عمل علمي فيه فائدة واضحة لمهندسي الوقت الحاضر والمستقبل .

واخيرا ادعوك - عزيزي القارىء - الى الاستفادة من هذا الكتاب وموافاتنا بآرائك ومقترحاتك وخبرتك للتمكن من اخذها بنظر الاعتبار في الطبعات القادمة .. وشكرا .

سعدالله الفتحي

مدير عام

المنشأة العامة لتصفية النفط في المنطقة

الوسطى / مصفى الدورة .



بسم الله الرحمن الرحيم

يسر قسم السلامة والتفتيش بمصفى الدورة ان يقدم هذا الجهد المتواضع (الفحص الهندسي في المنشآت النفطية) اسهاما منه بدفع عجلة التقدم في ظل ثورة السابع عشر من تموز المباركة. وقد توخينا في هذا الكتاب ان يكون عوناً للمهندسين والملاحظين الفنيين الذين يعملون في مجال الفحص الهندسي للمنشآت النفطية بصورة خاصة وكمرجع اساس للعمل اليومي والمشاكل الانية وهو بطبيعة الحال لايغني عن النظم القياسية والمواصفات العالمية ، ويحوي الكتاب على فصل كامل عن اللحام لايماننا باهمية هذا الفن في الصناعات الحديثة وفي مجال المنشآت النفطية بصورة خاصة حيث يتطلب ان تكون وصلات اللحام على اعلى مستوى من التكنيك لتحمل ظروف التشغيل الصعبة وتوفير السلامة للمعدات الثمينة .

اما باقي فصول الكتاب فتهتم اساسا بمشاكل التآكل في المنشآت النفطية وطرق الفحص غير المتلف واجهزة الفحص مراعين في ذلك احدث الاساليب في الفحص واكثرها عمليا في الوقت الحاضر مع الاشارة الى بعض الطرق القديمة التي يمكن استعمالها في المعامل الصغيرة التي تملك المعدات الحديثة .

كما يستطيع القارىء ان يجد كثيرا من الاسس النظرية والمعادلات الرياضية المستخدمة في مجال الفحص الهندسي والتي قد تكون من الامور المهمة لمهندس الفحص – اما اذا اراد التعمق اكثر في هذه الناحية فعليه الرجوع الى المصادر المتخصصة في اي فرع والتي اشرنا اليها في نهاية الكتاب .

واهم مايميز هذا الكتاب انه يحتوي على كثير من الخبرة الخاصة التي اكتسبها منتسبوا قسم السلامة والتفتيش كاقدم جهاز مسؤول عن الفحص الهندسي للمنشآت النفطية الموجودة في انحاء العراق .

وبهذه المناسبة اود ان اشكر السادة الذين ساهموا في اعداد التقارير المختلفة واخص بالذكر منهم السيد كامل جعفر الفتلي مدير مصفى الدورة والمدير السابق لقسم السلامة والتفتيش الذي كان له الفضل في اعداد كوادر القسم ودعم جهودنا لاخراج هذا الكتاب وقد اخذت من محاضراته كثير من المعلومات في هذا الكتاب .

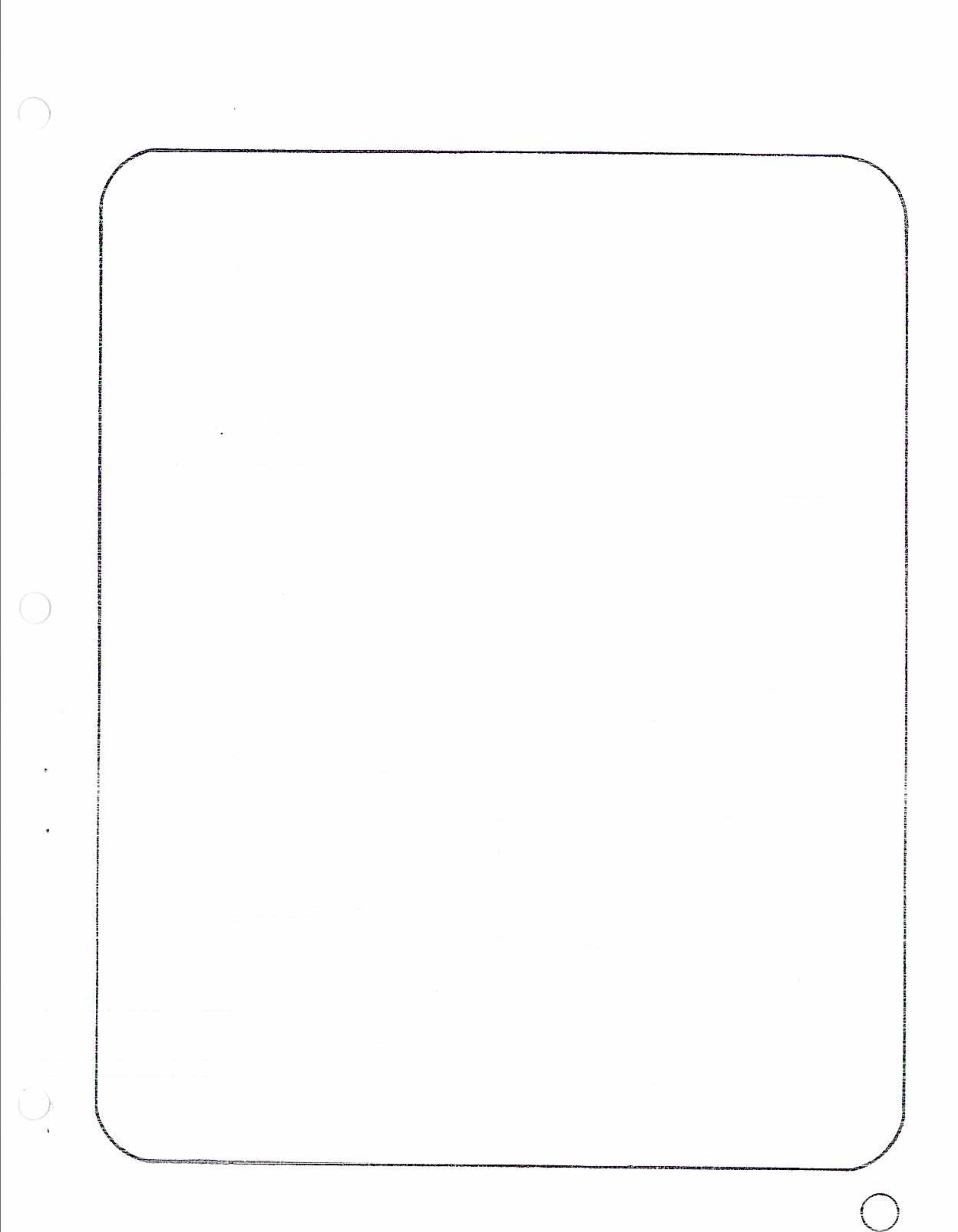
كما اشكر السادة عبدالمحسن عبدالسادة وعبدالحسين وشاح وسعاد عبدالواحد وعامرة غانم احمد الذين بذلوا مجهودا كبيرا في طبع التقارير واخذ الصور الفوتوغرافية واستنساخ الخرائط واعمال مساعدة اخرى .

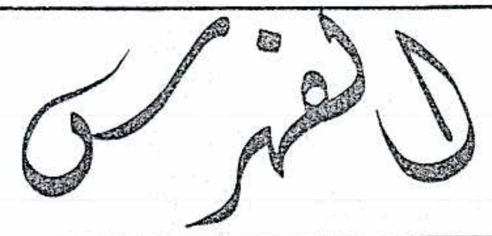
وبعد نرجو ان يقدم هذا الكتاب الهدف المنشود من اخراجه وأن يسد ثغرة اساسية في هذا المجال والله الموفق .

بدري صالح جاسم

مدير قسم السلامة والتفتيش

مصفى الدورة





Idle Equipment

- التآكل في افران .P.D.A
- التآكل في وحدة الفرفرال
- التآكل في وحدة تحسين البنزين

الفصل الثاني : أجهزة وطرق الفحص

أولا : الفحص البصري

ثانيا : الفحص المطرقي

ثالثا : الفحص بالذبذبات فوق الصوتية

- الصـــوت
- طرق انتقال الصوت
- سرعة الموجات الصوتية
- ظاهرة البيزو الكهربائية
- اجهزة الفحص بالموجات فوق الصوتية
- مكونات الاجهزة
- عمل الاجهزة
- تعيير الاجهـــزة
- العلاقة بين الخـــواص الفيزياويـــة للموجات الصوتية الخارجة من المجس ومظهر الشاشة
- قياس الطاقة الصوتية
- قياس معدل اضمحلال الطاقة
- قياسات السمك وتحديد العيوب فـــي الالواح الحديدية
- تحديد عيوب اللحام

رابعا : الفحص بأستعمال اشعة (X) وكاما

- اكتشاف الاشعة السينية
- استعمالات الاشعة السينية
- الطيف الكهرومغناطيسي
- مكونات جهاز الاشعة السينية
- الطيف المستمر
- امتصاص الاشعة
- تأثير شدة التيار
- تأثير فرق الجهد
- المرشـــحات
- النظائر المشعة
- كيف تتولد اشعة كاما
- افلام التصوير
- التعـــرض
- الحاجبات
- التشـــويه
- غسل الافـــلام
- حساسية الافلام
- تصوير اللحـــام
- العيوب المتوقعة في عملية اللحام
- الحماية من الاشعاع

خامسا : الفحص بالسوائل النافذة

- مجال الاستخدام
- انواع السوائل النافذة
- انواع المظهـــرات
- طريقة العمـــل
- القواعد الرئيسية في الفحص بالسوائل النافـــذة
- تحضير السطح للاختبار
- السوائل النافذة المضيئة
- أستخدام السائل النافذ

- انواع المبادلات
- المبادلات الحرارية التي تحتوي على حزمة انابيب وقشرة
- تركيب المبادلة الحرارية والمعادن المستعملة
- اغراض الفحص
- حالات التلف
- الفحص الدوري
- طرق التفتيش
- الاختبار
- حدود السمك

ثالثا : طريقة فحص المراجل البخارية والاجهزة المساعدة

- انواع المراجل
- الموفر ومسخن الهواء
- المحمص
- الأجهزة المساعدة
- نظم فحص المراجل
- اغراض الفحص ومسببات التلف
- تحديد الفترات الدورية لفحص المراجل
- احتياطات الامان واعداد العمل لعملية الفحص
- الاعداد لعملية الفحص
- طرق الفحص
- مراجل انابيب الماء
- مراجل انابيب النار
- اوعية المراجل
- الاجهزة المساعدة
- الفحص الداخلي
- الانابيب

رابعا : طريقة فحص الافران والمداخن

- مقدمة
- انواع الافران
- الداخن
- مواصفات المواد الداخلة الى الفرن
- انواع التلف
- تحديد فترات فحص الفرن
- طريقة الفحص
- الفحص الداخلي
- الفحوصات الاخرى
- توسيع الانبوب
- كيفية حساب اقل سمك
- فحص الاجزاء الخارجية للفرن

خامسا : فحص الانابيب

- اسباب الاندثار
- معدلات الفحص
- الفحص اثناء الاشتغال
- احتياطات الامان
- قياس السمك
- الفحص المطرقي
- الفحوصات الاخرى

سادسا : طريقة فحص صمامات الامان

- أنواع صمامات الامان
- صمامات السلامة

الفصل الرابع : اللحـــام

أولا : خواص المعادن

- خواص المعادن الفيزيائية
- مواصفات المعادن
- الفازات في الحالة المنصهرة

ثانيا : عرض عام لاساليب اللحام

- القوس الكهربائي
- لحام القوس الكربوني
- لحام القوس المعدني
- لحام القوس المعدني الغاطس
- لحام القوس الخامل
- لحام ذرات الهيدروجـــين
- لحام الغـــاز

ثالثا : اللحام بالقوس الكهربائي

- اساسيات اللحام بالقوس الكهربائي
- انحياز القوس
- التطشـــر

رابعا : اسلاك اللحام بالقوس الكهربائي

- العوامل المحددة لاختيار سلك اللحام
- خصائص مادة الغطاء لسلك اللحام
- تصنيف اسلاك اللحام
- التصنيف حسب المواصفات A. S. T. M.
- التصنيف حسب المواصفات البريطانية
- تصنيف اسلاك اللحام تبعا لنوع الغطاء

خامسا : ضوابط عملية اللحام بواســـطة القوس الكهربائي

- اللحام التقابلي
- اللحام الركني
- انواع وصلات اللحام
- تحضير حواف وصلة اللحام في اللحـــام التقابلـــي

سادسا : اللحام بالغـــاز

- غاز الاوكسجين والاسيتلين
- الامداد بالأسيتلين من الأسطوانات
- صمامات الاسطوانات
- خراطيم تصريف الغاز
- مشاكل اللحام
- لهب اللحام
- مشاكل تلوين اللهب
- فحص مشاعل اللحام
- تبريد مشاعل اللحام
- اللحام الامامي
- اللحام الخلفي
- تحضير الحواف
- اللحام الرأسي
- اللحام بواسطة عاملي لحام
- اللحام فوق الراس

سابعا : الطرق الحديثة في اللحام

- لحام الغاز الخامل
- لحام الغاز الخامل باستعمال قطـــب التنجســـتين
- ماكينات اللحام بالارجون
- اسس التشغيل
- لحام قوس البلازما

- لحام الغاز الخامل المعدني وثاني اوكسيد الكاربـــون

ثامنا اللحام الناجح وكيفية تحقيقه

- مشاكل اللحام وطرق التغلب عليها
- مظهر اللحام وشكله الخارجي
- تطشـــر المعـــدن
- القطع السـفلي
- لحام غير نافـــذ
- الصهر غير كافي
- التشــويه
- الشـــقوق
- المســامية
- اللحــام الهش
- اللحــام الجيــد

تاسعا : فحص واختبار وصلات اللحام

- الفحص بالعين المجردة
- الفحص اثناء عملية اللحـــام
- الفحص بعد اللحـــام
- معدلات التشغيل وخواص وصلة اللحام
- مقاييس فحص اللحام
- الاختبارات غير المتلفة

عاشرا : طرق اختبار اللحامين

- اوضاع اللحام
- نماذج قطع الاختبارات ومواصـــفات اللحـــام
- نماذج اختبارات الشد
- نماذج اختبارات الحنى
- ملاحظات حول طريقة تحضير النماذج
- تقييم نتائج اختبار النماذج

احدى عشر : ازالة الجهد

- علاقة درجة الحرارة وفترة الامتصاص
- المعاملة الحرارية لازالة الجهد لاغلـــب المعادن المستعملة

الفصل الخامس : اسس الفحص الهندسي

اولا : ظاهرة الزحف

- مقدمـــــة
- العوامل الاساسية
- نوع الكسر
- تحليل مخططات الزحف
- خواص الزحف للمعادن
- كيفية حساب متانة الزحف
- كيفية حساب متانه الانهيار بالزحف
- الزحف والفحص الهندسي

ثانيا : المعادلات والحسابات المســتعملة في الفحص الهندسي

- انابيب الافران
- انابيب الاتصال للافران
- رؤوس الانابيب
- الابراج والاوعية
- الفلنجــات
- النوزلات
- الانابيـــب
- توسيع انابيب الافران (مواصفات)
- العوامل الواجب اتخاذها في عمليـــة

توسيع الانابيب

- طريقة اللحام في عملية تصليح جدار برج
- طريقة اللحام لجزئي انبوب مختلف السمك للجدار
- احتياجات تفرعات الانابيب اوضع الواح تقوية
- مواصفات الفلنجات وعلاقتها بالضغط ودرجة الحرارة
- ازالة الاجهادات في اوعية الضغط
- السمك التقاعدي لانابيب الافران المتعرضة للزحف
- طريقة توسيع انابيب الافران
- السمك التقاعدي لانابيب الافران ورؤوس الانابيب وملفات التسخين ، وخطوط الانابيب
- مواصفات المعادن الحديدية والحديد السبائكي
- سماحات الجهود التشغيلية لانابيب الافران
- تقدير درجة حرارة معدن انابيب الافران
- حسابات الضغط للابراج
- حسابات المبادلات الحرارية
- حسابات اوعية الضغط

ثالثا : تاثير الهايدروجين على المعادن

- مقدمة
- انواع التلف
- الظروف اللازمة لحصول التلف
- طرق العلاج
- اسئلة واجوبة
- اهمية خطوط اللحام في اجهزة مداولة الهايدروجين في درجات الحرارة العالية
- شرح لبعض الحوادث التي حصلت نتيجة نقص مكونات السبيكة في اللحام
- اختيار السبائك المناسبة لوحدات الهايدروجين والتجزئة
- متطلبات عمر السبيكة
- اوعية عزل الغاز عن السائل
- كيفية الكشف عن التلف بالهايدروجين

رابعا : الكلل

- مقدمة
- جهود الكلل
- كيفية حصول الكلل
- خواص الكلل
- العوامل المؤثرة على الكلل

الفصل السادس : السبائك والمعادن المستعملة في صناعة التصفية

- السبائك الحديدية
- السبائك الفريتية
- السبائك الاوستينيتية
- الحديد الصلب
- السبائك غير الحديدية
- النيكل وسبائكه
- النحاس وسبائكه
- الالمنيوم وسبائكه

الفصل الاول

التآكل "Corrosion"

أولا : نظريــة التاكــل

ثانيا : أنــواع التاكــل

ثالثا : طرق الحماية من التاكل

رابعا : حماية الاجهزة المتوقفة عن التشغيل

خامسا : بعض مشاكل التاكل في مصـــفى الـــدورة

Corrosion → نتيجة تفاعل كيمياوي
errosion →

H_2O → قاعدي

الفصل الاول :ـــ التآكـــل

اعـــداد المهندس / بدري صالح جاسم

اولا :ـــ نظرية التآكل

يعرف التآكل بانه اضمحلال المادة (المعدن) او تغير خواصه نتيجة التفاعل مع محيطهـــا • ان القوة الدافعة التي تجعل المعدن يتآكل هـــي عبارة عن عملية طبيعية تعيد المعدن الى الحالة التي يوجد عليها في الطبيعة اي الحالة الخام

مثال على ذلك ان الحديد يوجد في الطبيعـــة كمادة خام هي اوكسيد الحديـــد (Fe_2O_3) وان ناتج تآكل الحديد هو في معظم الاوقات هـــذا الاوكسيد نفسه •

كيمياء التآكل :ـــ

ان التآكل هو عبارة عن تفاعل كيمياوي يمكن فهمه بمعرفة الاسس المبدئية لعلم الكيمياء •

(١) التآكل في الحوامض :ـــ

من الطرق البسيطة لتحرير غاز الهايدروجين في المختبر هي وضع الخارصـــين في حامض مخفـــف كحامـــض الكبريتيـــك ، او حامض الهايدروكلوريك حيث يحدث تفاعـــل ســـريع يحرر بواسطته الهايدروجين كما في المعادلتين التاليتين :ـــ

H_2SO_4

HCl

$$Zn + 2HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2\uparrow$$

$$Zn + H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + H_2\uparrow$$

كذلك تتآكل المعادن الاخرى بالحوامض وينتج عن التفاعل املاح وهايدروجين كما موضح ادناه :

$$Fe + 2HCl \longrightarrow FeCl_2 + H_2\uparrow$$

$$2Al + 6HCl \longrightarrow 2AlCl_3 + 3H_2\uparrow$$

↓ املاح

(٢) التآكل في المحاليل القاعدية والمتعادلة

تتآكل المعادن ايضا في الماء الاعتيادي ، ماء البحر ، المحاليل الملحية ، والمحاليل القاعدية• في معظم هذه الاحوال لايمكن حدوث التآكل الا بوجود الاوكسجين المذاب • ان المحاليل المائية تذيب بسرعة الاوكسجين الموجود في الهواء وهذا يكون المصدر المطلوب للتآكل •

ان المثال الشائع لهذا النوع من التآكل هـــو صدأ الحديد في الماء او في الهواء الرطب

$$4Fe + 6H_2O + 3O_2 \longrightarrow 4Fe(OH)_3$$

هذا التفاعل ينتج هيدروكسيد الحديد كمـــادة صلبة لونها يميل الى الاحمرار او البني •

عند حدوث الصدأ في الهواء الطلق تجف مادة هيدروكسيد الحديد لتكون اوكسيد الحديد •

$$2Fe(OH)_3 \longrightarrow Fe_2O_3 + 3H_2O$$

تحدث تفاعلات متشابهة عند تعرض الخارصين الماء او للهواء الرطب :ـــ

$$2Zn + 2H_2O + O_2 \longrightarrow 2Zn(OH)_2$$

$$Zn(OH)_2 \longrightarrow ZnO + H_2O$$

ويحدث من هذا التفاعل اوكسيد الخارصـــين الابيض اللون الذي يشاهد في بعض الاوقات على حنفيات الماء غير المطلية بالكروم طلاء جيدا •

(٣) التآكل في المحاليل الاخرى :ـــ

يحصل التآكل ايضا في محاليل لاتحتوي على الاوكسجين والحوامض مثال على ذلـــك المحاليل الحاوية على الاملاح المؤكسدة مثل

Zinc (Zn) : الخارصين ، التوتياء ، الزنك

أسباب التآكل

(فقد الكترونات) التكافؤ يزداد ← أكسدة
(كسب الكترونات) يقل ← اختزال

املاح الحديد او النحاس كما مبين ادناه :

$$Zn + 2\overset{+3}{Fe}\overset{-1}{CL_3} \longrightarrow ZnCL_2 + 2\overset{+2}{Fe}\overset{-1}{CL_2}$$

$$Zn + \overset{+2}{CU}\overset{-2}{SO_4} \longrightarrow ZnSO_4 + \overset{zero}{CU}$$

لاحظ ان كلوريد الحديديك قد تحول الى كلوريد الحديدوز في المعادلة الاولى وان الخارصين قد اخذ محل النحاس في الملح وهذا التفاعل يسمى تفاعل تعويضي .

التفاعلات الكهركيمياوية :

تعريف :ـ ان التفاعل الكهركيمياوي هو عبارة عن تفاعل كيمياوي يصحبه انتقال في الالكترونات اي انه تفاعل يحتوي على اختزال واكسدة لان تفاعل التآكل هو دائما من هذا النوع لذلك يجب علينا ان نتمعن في هذا الموضوع جيدا لنرجع الى المعادلة الاولى :ـ

$$\overset{zero}{Zn} + 2HCL \longrightarrow \overset{+2}{Zn}\overset{-1}{CL_2} + H_2\uparrow$$

عندما نتذكر ان الخارصين وحامض الهايدروكلوريك مؤينة في الماء يمكننا كتابة المعادلة كما يلي :ـ

$$Zn + 2H^+ + 2CL^- \longrightarrow Zn^{+2} + 2CL^- + H_2\uparrow$$

بما انه لم يطرأ اي تغير على ايونات الكلورين لذلك يمكن كتابة المعادلة كما يلي :ـ

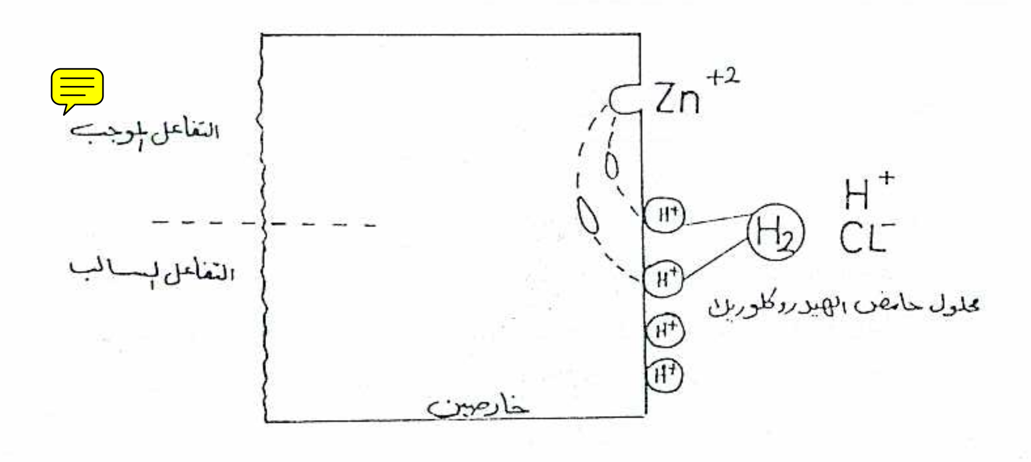
$$Zn + 2H^+ \longrightarrow Zn^{+2} + H_2\uparrow$$

خلال هذا التفاعل يتأكسد الخارصين الى ايونات الخارصين اي ان تكافؤ الخارصين يزداد . اما الهايدروجين فيختزل اي يقل تكافؤه لذلك يمكن تقسيم المعادلة الى قسمين :ـ

اكسدة (تفاعل الموجب) $Zn \longrightarrow Zn^{+2} + 2e$

اختزال (تفاعل سالب) $2H^+ + 2e \longrightarrow H_2\uparrow$

يمكن توضيح هذا التفاعل حسب المخطط الاتي :ـ



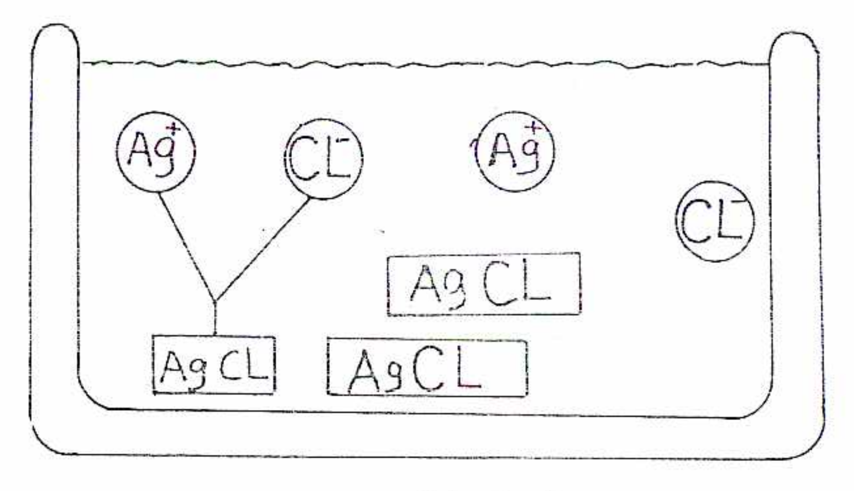
شكل رقم (١)

* كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) : NaCl

لغرض المقارنة لنأخذ مثالا على تفاعل غير كهركيمياوي • اذا أضفنا محلول نترات الفضة الى محلول كلوريد الصوديوم يتكون لدينا راسب ابيض من كلوريد الفضة كما في المعادلة التالية :ـــ

$AgNO_3 + NaCl \longrightarrow AgCL\downarrow + NaNO_3$

بما ان قسما من هذه المواد مؤينة في الماء لذلك



شكل رقم (٢)

يمكن كتابة المعادلة كما يلي : ـــ

$Ag^+ + NO_3^- + Na^+ + CL^- = AgCL\downarrow + Na^+ + NO_3^-$

يمكن اختصار المعادلة كما يلي :ـــ

$Ag^+ + CL^- \longrightarrow AgCL\downarrow$

وهذا موضح في المخطط اعلاه :

من الملاحظ ان هذا التفاعل لايحتوي على اكسدة او اختزال ولايوجد فقدان او اكتساب للالكترونات لذلك لايمكن تقسيم هذا التفاعل الى اكسدة واختزال كما فعلنا في المثال السابق •

ان تفاعلات التآكل عادة تفاعلات كهركيمياوية تحتوي على اكسدة واختزال •

ظاهرة الاستقطاب :ـــ

لقد توضح لنا الان تفاعلات التآكل الرئيسية• من الامور المهمة لمهندس التآكل هو معرفة سرعة هذه التفاعلات • وهذه السرعة تعتمد على عدة عوامل فيزياوية وكيمياوية •تستقطب او تقلل سرعة التفاعلات الكهركيمياوية بواسطة هذه العوامل • يوجد طريقتان لاستقطاب او تقليل سرعة التفاعلات الكهركيمياوية •

الطريقة الاولى تسمى الاستقطاب التفاعلي والثانية الاستقطاب التركيزي •

اذا كان الاستقطاب تفاعلي فهذا يدل على ان العوامل المقللة لسرعة التآكل هي عوامل من طبيعة التفاعل نفسه • اذا نظرنا الى المثال الاول اي تآكل الخارصين نجد ان سرعة تحرير الهايدروجين تعتمد على عدة عوامل بضمنها سرعة انتقال الالكترونات الى ايون

الهايدروجين على سطح المعدن وهذه السرعة تعتمد على نوعية المعدن ، تركيـــز ايـــون الهايدروجين ودرجة الحـــرارة • امـــا الاستقطاب التركيزي فهذا عادة تقليل سرعة التفاعل الكهركيمياوي نتيجة تغيرات في تركيز المحلول الملاصق لسطح المعدن • اذا رجعنـــا الى المثال الاول ولنفرض ان تركيز ايونات الهايدروجين في المحلول واطيء فـــان هـــذا سيساعد في زيـــادة التآكـــل لان تحريـــر الهايدروجين سيكون مستمرا لقلة تركيزه في المحلول • ان معرفة نوع الاستقطاب مهـــم جدا في التآكل حيث يمكننا معالجة التآكـــل انـــذاك •

فمثلا اذا كان التآكل مرتبط باســـتقطاب تركيـــزي فـــأن اي تحريـــك او تهيج للسائل سيحرر هايدروجين اكثر ويزيد في سرعة التآكل • اما اذا كان التآكل مرتبط باستقطاب تفاعلي فان تحريك السائل لن يؤثر على سرعة التآكل • فمثلا زيادة سرعة الضخ في انبـــوب ما لـــن يؤثـــر علـــى ســـرعة التآكـــل فـــي الانبـــوب • عـــادة يكـــون الاستقطاب التفاعلي العامل المسيطر للتآكل في الحوامض المركزة •

اما الاستقطاب التركيزي فيكون العامل المؤثر للتآكل في الحوامض المخففة •

جهـــد التآكل :

تعريف :ـــ هو عبارة عن جهد سطح متآكل في محلول مقاس بالنسبة لقطب ثابت • انجهد التآكـــل مفيـــد جـــدا في دراســـات التآكل ويمكن قياسه بسهولة في المختبر او في ميدان العمل ، ادناه مخطط لجهاز قياس جهد التآكـــل •

شكل رقم ـــ٣ـــ

يقاس فرق الجهد بين القطب الثابت وبين المعدن في المحلول • عند ذكر فرق الجهد لاي معدن يجب ذكر نوعية القطب الثابت المستعمل في التجربة •

* جهد التآكل والاختزال :ـ

تعريف :ـ هو عبارة عن جهد تفاعل كهركيمياوي في حالة تعادل او في حالة خمول (التيار الكهربائي صفر) يقاس هذا الجهد في المختبر تحت ظروف خاصة • ادناه جدول لبعض قيم هذه الجهود :ـ

Reference	
$Au \rightarrow Au^{+3} + 3e$	1·42
$Ag \rightleftharpoons Ag^{+} + e$	0·799
$Cu \rightleftharpoons Cu^{+2} + 2e$	0·34
$2H^{+} + 2e \rightleftharpoons H_2$	0·000
$Ni \rightleftharpoons Ni^{+2} + 2e$	− 0·23
$Fe \rightleftharpoons Fe^{+2} + 2e$	− 0·44
$K \rightleftharpoons K^{+} + e$	− 2·92

هذه الجهود مفيدة جدا لانها تساعدنا على معرفة مدى تعرض المعدن للتآكل من قبل محلول معين • اذا كان جهد التأكسد والاختزال سالبا فان المعدن سيؤكسد بالحوامض • اما اذا كان الجهد موجبا فانه لن يؤكسد بالحوامض • اذا نظرنا الى الجدول اعلاه نجد ان الحديد الذي جهده سالبا يؤكسد بالحوامض محررا الهايدروجين • اما الذهب فانه كما معروف يقاوم التآكل بالحوامض• وكذلك النحاس • لذلك يكون النحاس جيدا لداولة الحوامض •

الخمول (Passivity)

تعريف :ـ تعرف ظاهرة الخمول بانها فقدان قابلية التفاعل لبعض المعادن والسبائك في محاليل وظروف خاصة • فمثلا المعادن والسبائك الحاوية على الكروم والنيكل والتيتانيوم تصبح خاملة وتكون مواصفاتها مشابهة للمعادن الثمينة كالذهب والبلاتين • لم يستطع العلماء الى حد الان معرفة سبب هذه الظاهرة ولكن يعتقد بان السبب الرئيسي هو تكون فلم مقاوم للتآكل على سطح المعدن او السبيكة •

اذا غمرنا معدن خامل في محلول واضفنا الى المحلول بالتدريج عامل مؤكسد فان سرعه التآكل ستكون حسب المخطط ادناه :ـ

قوه التأكسد في المحلول
" جهد التآكل "
تركيز العامل المؤكسد

منطقة الخمول

← سرعة التآكل (MPY)

شكل رقم (٤)

وهذا المخطط يبين اذا كان تركيز العامل المؤكسد قليلا فان التآكل سيكون سريعا ولكن اذا زاد الى حد معين يتوقف التآكل. أما اذا أضفنا عامل مؤكسد اكثر فان التآكل سيزداد مرة اخرى لذلك نستطيع الوصول الى منطقة الخمول اذا سيطرنا على تركيز العامل المؤكسد .كذلك من الممكن الوصول الى ظاهرة الخمول في بعض المعادن باضافة معادن اخرى للحصول على سبيكة مقاومة للتآكل خاملة في معظم الظروف التشغيلية . مثل : Stainless Steel

مثال على ذلك اضافة مادة الكروم الى الحديد التي تكسبه مقاومة ومتانة ضد التآكل .

الجدول الكلفاني

هذا الجدول المرفق يتضمن تسلسل المعادن والسبائك حسب جهود تآكلها الخاصة في محيطات معينة . تقاس هذه الجهود حسب الطريقة وبالجهاز المذكور أعلاه . ان هذا الجدول يعتبر كدليل مفيد جدا عند ايصال معدنين مختلفين بوجود محلول موصل للكهربائية . ان المعادن التي جهودها موجب تقع في اسفل الجدول وتسمى الجهة السفلى غير المتآكلة . اما المعادن او السبائك التي جهودها سالبة فتقع في اعلى الجدول وتسمى هذه الجهة المتآكلة . لذلك عند ايصال مثلا البلاتين والخارصين بوجود محلول موصل للكهربائية تتولد خلية كالفانية مشابهة للبطارية السائلة الاعتيادية ويمر تيار من القطب الموجب (الخارصين) الى القطب السالب (البلاتين) بذلك تتأين جزئيات الخارصين بالمحلول ويتآكل سطحه بالتدريج .

كلما كان فرق الجهد بين المعدنين كبير في الجدول تكون سرعة التآكل كبيرة .

لذلك ولمعرفتنا ان التصاميم الهندسية تحتوي على عدة سبائك ومعادن مختلفة متصلة واحدة بالاخرى فان هذا الجدول ذو منفعة كبيرة للمصمم حيث عليه اختيار معادن مناسبة تقع قريبة من بعضها في الجدول الكالفاني لمنع تآكل المعدن الاقل قيمة او من الممكن ايضا عزل المعدنين اذا كانا متباعدين عن بعضهما في الجدول الكالفاني بمادة عازلة مناسبة لمنع مرور التيار .

تستعمل ظاهرة التآكل الكالفاني في تصميم البطاريات الجافة وفي الحماية الكاثودية التي سيأتي شرحها .

نحاس أحمر Copper
نحاس أصفر Brass (Copper + Zinc)
نحاس خارصين

الجـــدول الكالفاني

(الجهة المتآكلة)

المغنيســـيوم وسبائكه .
الخارصين
الالمنيوم التجـــاري
الكادميـــوم .
الالمنيوم نوع (٢٠٢٤) (٥ر٤ نحاس، ٥ر١مغنيسيوم
٦ر٠ منكنيز) .
الحديـــد الاعتيادي
الحديـــد الصـــب
الفولاذ الكرومي (١٣) بالمائة كروم (فعال)
الحديد الصب الحاوي على النيكل
الفولاذ (١٨/٨) (فعال)
الفولاذ (١٨/٨) الحاوي على الموليبدنوم (فعال)
الرصاص الحاوي على القصدير
الرصـــاص
القصـــدير
النيكـــل (فعـــال)
النكوينل (٨٠ نيكل ، ١٣ كروم ، ٧ حديد) (فعال)
هاستيلوى (ب) (٦٠ نيكل ، ٣٠ موليبدنوم
٦٠ حديد ، ٤ منكنيز
البراص (نحاس وخارصين)
النحـــاس
البرنج (نحاس وقصدير) ← Bronze
سبيكة النحاس والنيكل (٦٠-٩٠ نحاس ، ٤٠-١٠
نيكـــل)
المونيل (٧٠ نيكل ، ٣٠ نحاس) . ← Monel
النيكل (خامل) ← Nickel
الانكونيل (خامـــل) ← Inconel
الفولاذ الكرومي (خامـــل)
الفولاذ (١٨/٨) (خامـــل)
الفولاذ (١٨/٨) الحاوي على الموليبدنوم (خامل)
هاستيلـــوى (ج) (٦٢ نيكل ، ١٧ كروم ، ١٥
موليبدنوم)
الفضـــــة
التيتانيـــوم
الفحــــم
الذهــــب
البلاتـــين

الجهـــة غـــير المتآكلـــة

كما ذكرنا ان التآكل هو عبارة عن اضمحلال او تغير في خواص المعدن نتيجة لتفاعله مع محيطه. ان هذا التفاعل يكون عادة كهركيمياوي اي يصحبه انتقال في الالكترونات وينقسم الى تفاعل موجب وتفاعل سالب . الان ننتقل الى الانواع الرئيسية للتآكـــل :ـــ

١ ـــ التآكل المنتظـــم :ـــ

وهذا النوع هو الاكثر شيوعا ويسمى ايضا التآكل العام لحدوثه على جميع سطح المعـــدن بصورة متساوية بحيث يتآكل المعـدن بصـــورة منتظمة . لذلك فانه من السهل دراسة هذا النوع من التآكل لان سمك المعدن يقل في جميع سـطحه ومن الممكن توقع فشل المعدن بعد فترة معروفــة بعد حساب سرعة التآكل المنتظم . وهذا يمكـــن في قياس السمك بين فترة واخرى وملاحظة النقص في الســمك . (Reduction in Wall Thickness)

يحدث الفشل عادة بنضـــوح في المعدن في منطقة ما او تحطم الجهاز كليا لذلك يعتبر هـــذا النوع من التآكل خطرا جدا اذا لم يقاس السمك دائما ويولى الموضوع اهتماما وعناية .

٢ ـــ التنقـــر :ـــ Pitting

وهذا النوع من التآكل خطرا ايضا ولايمكن توقعه بسهولة . يكون فقدان المعدن قليلا ولكـــن في مناطق خاصة ويحدث النضوح من خلالها . من الصعوبة جدا حساب العمر المتبقي للجهاز الـــذي يصيبه هذا النوع من التآكل .

يحدث هذا التآكل في مناطق معينة في المعدن بشكل سريع وعلى شكل حفـــر علـــى سطح المعدن عمقها يساوي او يزيد على قطرها وتسمى كل حفرة (Pit) . بالامكان قياس عمق هذه الحفر بواسطة قياس خاص وذلك لحساب ما تبقى منجدار المعدن.

ان ظهور التآكل على شكل حفر يعزي الى احد الاسباب التالية :

أ ـــ عدم تساوي سطح المعدن بتركيبه فـــي جميع المناطق مما يولد مناطق ضعيفة تقوم بدور القطب الموجب ويكون الجزء الاخر من المعـــدن القطب السالب فيتولد بذلك تيار كهربائي خـــلال المادة التي يحويها الوعاء من القطب الموجب الى القطب السالب ناقلا قسم من جزئيات المعدن في المنطقة الموجبة مسببا تآكلها .

ب ـــ وجود شوائب وتخدشات على سطح المعدن مما يولد تيار كهربائي كما مذكور اعلاه .

جـ ـــ تغير تركيز المادة التي يحتويها الوعـــاء في بعض مناطق المعدن مما يولد التيـــار الكهربائي ايضا مثل تغير تركيز الاوكسجين في المحلول حول نقطة ما Differential Aeration Cell

د ـــ تتكون الحفر ايضا تحت الترسبات وفي المناطق الضيقة التي تنعدم فيها حركة المادة .

هـ ـــ عند انكسار طبقة الاوكسيد على سطح المعدن في نقطة ما تتكون حفرة في هـــذه المنطقة .

او اذا كان سطح المعدن مغطيا بمادة واقية وحدث قشط لهذه المادة في منطقة معينة فان هذه المنطقة ستتآكل بسرعة ايضا .

عند ابتداء التنقر تزداد سرعة التآكل تدريجيا الى ان يحدث ثقبا في المعدن خلال اعمق حفرة .

ان محاليل الكلوريد والهالوجينات الاخرى بصورة عامة هي العوامل الرئيسية في تكوين الحفر وهذه واضحة خاصة في الفولاذ Stainless Steel والسبائك المقاومة (Superalloys) ان زيادة ثخن المعدن لن يعطي المقاومة المطلوبة ولكن يجب في هذه الحالة اختيار المعدن اللائق للمحيط الملائم .

٣ ـ التآكل الكالفاني

وهذا يحدث عند اتصال معدنين موصلين مختلفين كلاهما معرضين لمحلول موصل للكهربائية او عند اتصال معدنين متشابهين بوجود محلولين موصلين مختلفين .

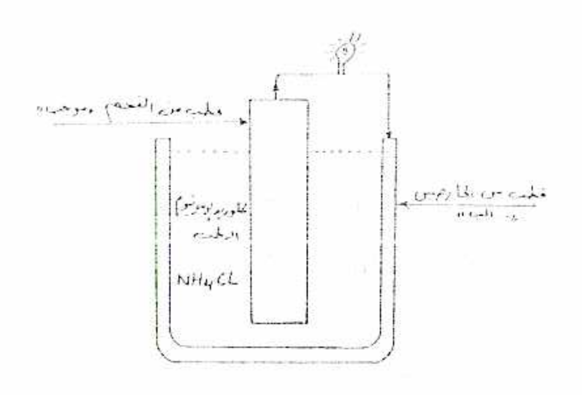
الحالة الاولى :ـ

هنا يحدث فرق جهد بين المعدنين المختلفين ويمر تيار من المعدن الاقل قيمة (Less noble) مشكلا قطب سالب . وهذا التيار يسبب تآكل القطب الموجب لذلك عند تصميم الاجهزة يجب علينا ان نتجنب توصيل معدنين مختلفين معرضين لمحلول واحد بينهما فرق جهد كبير .

اذا نظرنا الى الجدول الكالفاني يمكننا ملاحظة ان المعادن في اعلى الجدول تشكل الجهة الاقل قيمة او الجهة غير المتآكلة .

لذلك يجب علينا عدم ايصال الذهب بالالمنيوم لان فرق الجهد بينهما كبير جدا ويسبب تآكل الالمنيوم بسرعة كبيرة . ولكن يمكننا ان نوصل بين الحديد الاعتيادي والفولاذ الفعال Active لكون فرق الجهد بينهما قليل لذلك تكون سرعة التآكل في هذه الحالة بطيئة .

استعملت هذه الظاهرة في تصميم البطارية الجافة كما موضح في الشكل ادناه :ـ



شكل رقم (٥)

تاثير المساحة :ـ

لمساحة كلا المعدنين تاثير كبير على سرعة التآكل • اذا كانت مساحة القطب السالب اكثر من مساحة القطب الموجب فان هذا سيزيد في سرعة التآكل • وبالعكس اذا كانت مساحة القطب الموجب اي المتآكل اكثر من مساحة القطب السالب فان ذلك سيقلل من سرعة التآكل • ان هذه الخاصية يستفاد منها المصمم عند ايصال معدنين مختلفين لان زيادة مساحة القطب الموجب ستؤثر تأثيرا عكسيا على التآكل •

* مثال على التآكل الكلفاني استعمال حزمة مبادلة حرارية انابيبها مصنوعة من النحاس بينما الصفائح التي تستند عليها الانابيب مصنوعة من الحديد الاعتيادي • عند تعريض هذه الحزمة لمحلول موصل للكهربائية تتآكل صفائح الحديد •

لذلك لمنع حدوث هذه الظاهرة يجب الاخذ بنظر الاعتبار ما يلي :ـ

أ ـ تجنب ايصال معادن مختلفة بعضها بالاخر بوجود محلول موصل •

ب ـ تجنب استعمال قطب سالب ذو مساحة كبيرة وقطب موجب ذو مساحة صغيرة •

جـ ـ عزل القطب الموجب عن القطب السالب بمادة عازلة مناسبة لمنع مرور التيار الكهربائي •

د ـ استعمال جهد المستطاع معادن متقاربة مع بعضها في الجدول الكلفاني •

هـ ـ اذا كان من الضروري ايصال معدن في اسفل الجدول مع معدن في اعلى الجدول فمن الضروري تصميم الجزء المتآكل بحيث يسهل تبديله •

و ـ استعمال مواد مانعة التآكل (Corrosion Inhibitors) لتقليل سرعة التآكل •

ان هذه الظاهرة تستعمل في الحماية الكاثودية التي سيأتي شرحها فيما بعد •

الحالة الثانية :ـ

عندما يتعرض نفس سطح المعدن لتراكيز مختلفة من المحلول • يحدث هنا ايضا قطب موجب وقطب سالب ويمر التيار من القطب الموجب الى القطب السالب مسببا تآكل القطب الموجب • يتركز المحلول في المناطق الضيقة التي تقل فيها حركة المحلول كمنطقه الحشوات والمواصلات (البراغي)، وتحت الاوساخ أو تحت قطرات الماء • يحدث التآكل الكلفاني اما بسبب تغير تركيز ايونات المعدن في المحلول او تغير تركيز الهواء المذاب في المحلول من منطقة الى اخرى •

ان السبب الرئيسي لتآكل قعر الخزانات النفطية هو التآكل تحت الاوساخ Scale التي تقع في الخزان من السقف او تحت قطرات الماء في قعر الخزان • في حالة قطرة الماء فان درجة ذوبان الاوكسجين في المادة النفطية اكثر من درجة ذوبانه في الماء ، لذلك يكون تركيز الاوكسجين في المنطقة المحيطة بالقطرة اكثر (حوالي خمسة أضعاف) من تركيزه في القطرة نفسها •

لذلك تصبح المنطقة الوسطى قطب موجب وتتآكل •

اذا كان تركيز ايونات المعدن في منطقة من سطح المعدن اكثر من منطقة اخرى يتكون تيار كهربائي نتيجة فرق الجهد بين المنطقتين . يتوقف التيار عند تساوي تركيز الايونات في المنطقتين . ولكن حدوث اضطراب في حركة السائل يزيل الايونات من السطح ويعرض المنطقة للتآكل مرة اخرى .

توجد حالة اخرى مشابهة وهي تآكل نتيجة تغير درجة الحرارة للمحلول . اذا كان قسم من سطح المعدن ذو درجة حرارة مختلفة عن السطح بصورة عامة فان هذا ايضا يولد تيار كهربائي يمر من القطب الموجب (التي درجة حرارته عالية) الى القطب السالب الذي درجة حرارته واطئة .

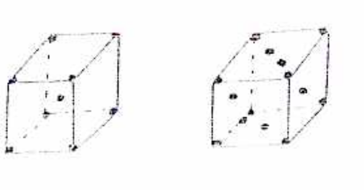
* مثال على ذلك تآكل انابيب افران التكرير في مصفى الدورة تحت منطقة الدعائم Supports التي حرارتها اعلى من حرارة الانبوب بصورة عامة .

لذلك تتآكل هذه المنطقة بسرعة مسببة في بعض الاحيان ثقب في الانبوب . *Tube Rupture*

٤ ـ تآكل حدود مجاميع بلورات المعدن

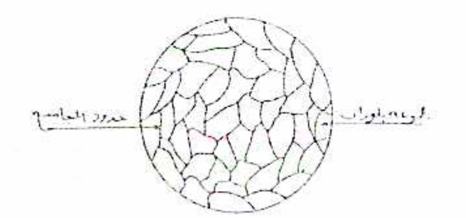
(Intergranular Corrosion)

من المعلوم ان كل معدن متكون من بلورات شكلها اما على هيئة مكعب مركزي الجسم BCC أو مكعب مركزي الوجه FCC أو على هيئة مسدس مضلع مركزي HCP



شكل رقم (٦)

عند تبريد المعدن السائل تنتظم ذرات المعدن على شكل بلورات كما مذكور اعلاه وهذه البلورات تتحد مع بعضها لتكون مجاميع البلورات ، لان هذه العملية تحدث في السائل عند تجميده في عدة مناطق في آن واحد فان اتحاد المجاميع مع بعضها لا تتطابق تماما وهذا يولد مناطق على حدود المجاميع بشكل خطوط تعزل مجموعة عن الاخرى . اذا نظرنا بالمايكرسكوب لسطح احد المعادن نجد مايلي :



شكل رقم (٧)

تحت ظروف معينة تتفاعل هذه الحدود مع المحلول المحيط بالمعدن بنشاط اكثر من تفاعل مجاميع البلورات مكونة تآكل سريع على الحدود نفسها وهذا في النهاية يسبب انتشار التآكل وسقوط مجاميع البلورات بالتدريج . ينتشر التآكل باتجاه الحدود مكونا تشققات في المعدن . هذا النوع من التآكل يؤدي الى الاقلال من قوة المعدن وفشله .

يصيب تآكل حدود مجاميع البلورات عادة الفولاذ نوع (٨/١٨) عندما يعامل حراريا بين (٨٠٠ـــ١٦٠٠°ف) حيث ينفذ الكاربون الى حدود البلورات ويتحد مع الكروم مكونا كاربيد الكروم $Cr_{23}C_6$ الذي يترسب في منطقة الحدود . لذلك تصبح المنطقة الملاصقة لحدود البلورات مفرغة من الكروم بهذه الطريقة وتقل مقاومتها للتآكل . بالنسبة للبلورات هنا يحدث ايضا تكون قطب موجب هو منطقة الحدود وقطب سالب هو البلورات او منطقة كاربيدالكروم .

يحدث هذا النوع من التآكل عند اللحام على جهتي منطقة اللحام يبعد حوالي ٣ ملم بين ٨٠٠ و ١٦٠٠°ف خلال اللحام . وهذا يسمى تفسخ اللحام Weld Decay لايمكن الكشف عن هذا النوع من التآكل الا بالميكرسكوب .

توجد ثلاثة طرق للسيطرة على ترسب الكاربيد في الفولاذ (٨/١٨) :ـــ

أ ـــ أقدم وانجح طريقة هي التعامل الحراري في درجة ١٩٥٠ـــ٢١٠٠°ف تعقب بتبريد سريع في الماء بذلك يرجع الكاربيد الى محلول المعدن . Quenching

ب ـــ الطريقة الثانية هي استعمال فولاذ فيه كاربون قليل جدا بين (٠ر٠٢ـــ٠ر٠٣) بالمائة مثلا نوع (٣٠٤ل) او (٣١٦ل) . St. Steel

ج ـــ الطريقة الثالثة هي تثبيت الفولاذ باضافة معادن مختلفة مثل التيتانيوم (Ti) الكولومبيوم (Co) او التانتالوم (Ta) . هذه العناصر تتحد مع الكاربون قبل الكروم لتكون كاربيدات تترسب . بذلك يحافظ على كمية الكروم في حدود البلورات .

يحدث هذا التآكل لمعادن وسبائك مختلفة ايضا مثل النيكل والهاستيلوى (ب) والهاستيلوى (ج) وغيرها .

٥ ـــ التآكل الجهدي (Stress Corrosion)

هنا يجتمع عاملان ، عامل التآكل وعامل الجهد ،والجهد اما ان يكونجهد متبقي (Residual Stress) من عمليات اللحام والصنع او جهد مسلط اثناء التشغيل . في جميع الاحوال يظهر هذا النوع من التآكل تشققات في المعدن . لذلك يسمى ايضا التشقق الجهدي . والتشققات اما ان تكون في حدود مجاميع البلورات او خلال البلورات نفسها .

لاتوجد نظرية مثبتة تحلل كيفية حدوث هذا النوع من التآكل ولكن المتفق عليه حاليا هو ان التآكل يسبب تشققات سطحية على المعدن وهذه التشققات تتوسع وتتعمق لوجود جهد مسلط او متبقي في المعدن في تلك المنطقة . توجد عدة عوامل

تؤثر على تكون هذا التآكل منها مقدار الجهد ونوعيه المحلول . درجة الحرارة . الوقت المستغرق الى حين حدوث الفشل وغيرها . يحدث التآكل الجهدي في معظم المعادن في محيطات معينة ندرج ادناه بعضها .

المعدن	المحيط الذي يسبب التآكل الجهدي
سبائك الالمنيوم	الجو الاعتيادي ، الماء العذب المحاليل الملحية .
سبائك النحاس	محاليل الامونيا ، الامين ، محاليل املاح الزئبق .
سبائك المغنيسيوم	الجو الاعتيادي ، الماء العذب ، المحاليل الملحية .
المونيل	حامض الكروميك ، بخار حامض الهايدروفلوريك ، محاليل املاح الزئبق .
النيكل	محاليل هيدروكسيد البوتاسيوم والصوديوم المركزة .
الحديد الاعتيادي	محاليل هيدروكسيد الصوديوم نترات الامونيا والصوديوم والكالسيوم خليط حامض النتريك وحامض الكبريتيك ،
الفولاذ	محاليل كلوريد الكالسيوم . محاليل الكلوريد ، ماء البحر، المحاليل القاعدية ، البخار .

من اقدم حالات التآكل الجهدي المعروفة هي تآكل البراس . هنا التشقق على حدود مجاميع البلورات ويحدث بوجود محاليل الامونيا .

من الحالات المعروفة الاخرى هي التشقق القاعدي للمراجل الحديدية وهذا يحدث في المناطق الضيقة التي تتركز فيها القاعدة المتأتية من البخار مثل في مناطق النضوحات ومناطق اللحام او حول مناطق الدعائم . ان الفولاذ معرض للتآكل الجهدي في محيطات معينة . يحدث تشقق خلال البلورات في محاليل الكلوريد الحارة . ان استعمال ماء التبريد المالح يؤدي الى هذه الحالات في المبادلات الحرارية او في الانابيب .

طرق تجنب وعلاج التآكل الجهدي :-

أ ــ تقليل الجهد المتبقي في المعدن بواسطة عملية أزالة الجهد . تختلف درجة حرارة أزالة الجهد من معدن الى اخر .

ب ــ تجنب تعريض المعدن لمحاليل تؤدي الى تآكل جهدي .

جـ ــ تبديل السبيكة او المعدن الى أخر مقاوم للتآكل الجهدي

د ــ استعمال الحماية الكاثودية

هـ ــ استعمال مانع التآكل

و ــ تصميم جيد لمنع تسليط جهود كبيرة اثناء التشغيل .

٦ ــ التآكل والتعرية Erosion Corrosion

عند تعرية المعدن من الفلم الواقي في بعض المناطق بواسطة تأثيرات ميكانيكية كسرعة

طبقة رقيقة جداً" : Film

الجريان في المنحنيات يكون المعدن معرضا للتآكل في هذه المناطق ويسمى هذا النوع التآكل والتعرية • تحدث التعرية أيضا في الانابيب الخارجة من المضخات وفي مناطق الجريان المضطرب • يكون هذا التآكل على شكل أخاديد ، خطوط ، ثقوب مدورة • عادة يكون السطح لامعا غير مكسو بمواد ناتجة عن التآكل • معظم المعادن والسبائك يتكون على سطحها طبقات من الاوكسيد تجعلها خاملة في التفاعل مع محيطها وتعطيها مقاومة ضد التآكل • عند انقشاط طبقة الاوكسيد نتيجة التعرية الميكانيكية ينكشف المعدن الاصلي للمحيط ويتآكل مكونا مواد ناتجة عن التآكل التي بدورها تنقشط وينكشف المعدن مرة اخرى للتآكل •

ان قسما كبيرا من المحاليل والمحيطات تسبب التآكل منها الغازات ، المحاليل السائلة ، المواد العضوية ، والمعادن السائلة • وان جميع الاجهزة المعرضة لحركة سريعة للمادة او اضطراب تتآكل بهذه الصورة في مناطق الصمامات ، مناطق تغير اتجاه المادة ، المضخات ، انابيب المبادلات الحرارية ، مراوح الهواء ، النوزلات وغيرها •

توجد خمسة طرق لتجنب حدوث هذا التآكل :ـ

أ ـ تبديل المعدن او السبيكة باخرى مقاومة للظروف المسلطة

ب ـ تصميم المنظومة او الجهاز بحيث يقلل من الحركة السريعة والاضطراب Turbulence

جـ ـ استعمال مواد مانعة التآكل

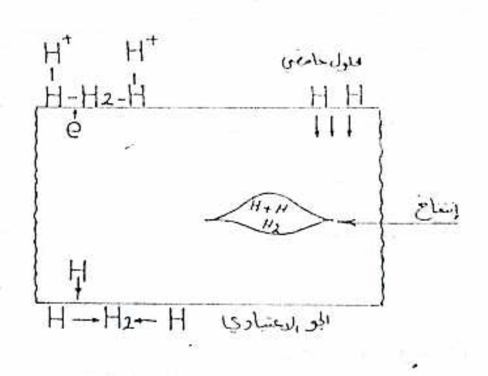
د ـ تغطية المنطقة المعرضة بطبقة من المعدن الصلب Hardsurfacing او بمعدن مقاوم للتآكل

هـ ـ الحماية الكاثودية •

٧ ـ التآكل بالهيدروجين :ـ

ينقسم التآكل بالهايدروجين الى اربعة اقسام :ـ

أ ـ حدوث الانتفاخات (Blisters)



شكل رقم ـ٨ـ

ان طريقة حدوث الانتفاخات موضحة اعلاه. المخطط يبين مقطع من جدار خزان في داخله محلول حامضي والسطح الخارجي للمعدن معرض للجـو الاعتيادي .

يتفاعل المعدن مـــع المحلول مكونـا ذرات الهايدروجين التي بدورها ولصغر حجمها تنفـــذ خلال المعدن واما تغادر المعدن على شـكل ذرات او تتحد داخل المعدن مكونة جزيئات الهايدروجين. لكبر حجم هذه الجزيئات فانها تنحصر داخــل المعدن وتولد ضغطا وانتفاخات ظاهرة فيه . وهذه الانتفاخات تضعف المعدن وفي بعض الاوقـــات تسبب انفلاعه .

ب ـ تقليل مرونة المعدن :ـ

لم يعرف لحد الان كيف يؤثر الهايدروجـين على مرونة المعادن بحيث تصبح المعادن ســهلة التهشم (Brittle) ولكن من المعلوم ان السبب هو ايضا نفاذ ذرات الهايدروجين خلال المعدن . من المحتمل ان الهايدروجين يتفاعل مع المـــعدن مكونا مركبات جديدة سهلة التهشم . والدليــل على ذلك هو تقليل مرونة التيتانيوم بالهايدروجين وذلك لتكون هدريد التيتانيوم الذي درجة مرونته واطئــة .

ج ـ تقليل الكاربون في المعدن

(Decarburization)

والتشـــقق (Cracking)

في درجات الحرارة المرتفعـــة يمتـــص الهايدروجين الكاربون الموجود في السبيكة او المعدن مكونا غاز الميثان :ـ

$$C + 2H_2 \longrightarrow CH_4$$

وهذا التفاعل يقلل من تركيز الكاربــون في المعدن ويزيد في مرونته وسرعة تمدده (Creep) كذلك لان ذرات الهايدروجين تنفذ خلال المعــدن فان تكون الميثان داخل المعدن يولد ضغطا عاليـا ويؤدي الى تشققات لان جزيئة الميثان كبـيرة ولايمكن خروجها من المعدن . ان اضافة مــادة الكروم والمولبدونوم الى السبيكة تزيد في مقاومة السبيكة ضد ظاهرة تقليل الكاربون والتشـــقق بالهايدروجين .

٨ ـ الانفصال بالتآكل Selective Leaching

وهذا يعني انفصال احد عناصر السبيكة نتيجة التآكل . المثال المعروف هو انفصال عنصر الخارصين من البراص .

ان البـــراص متكـــون من (٧٠) بالمائـــة نحـــاس و (٣٠) بالمائـــة خارصـــين . يمكن مشاهدة الانفصال بالعين المجردة لان السبيكة يصبح لونها احمر او نحاسي مقارنة بلونها الاصلي وهو الاصفر . يمكن حدوث الانفصال في مناطق معينة على سطح السبيكة او بصورة منتظمة على جميـع السطح . ان السبيكة المتبقية المتكونة من نحـاس فقط تكون سهلة التهشم وضعيفة .

توجد نظريتين لتوضيح كيفية انفصـــال الخارصـين :ـ

أ ـ ان الخارصين يذاب في المحلول تاركـا النحـاس .

ب ـ ان البراص يذوب في المحلول وتبقـى ايونات الخارصين في المحلول بينما تطلى السبيكة مرة ثانية بالنحاس فقط • في كلا الحالتـين ان التفاعل كهركيمياوي •

ان وجود الاوكسجين في المحلول يساعد على زيادة سرعة التآكل •

من الممكن تجنب ظاهرة انفصال الخارصـين باتباع مايلي :ـ

١ ـ تقليل فعالية المحلول بتقليل تركيـز الاوكسجين او العوامل المساعدة على التآكـل الاخـرى •

٢ ـ استعمال سبيكة مقاومة مثل البراص الاحمر (١٥ بالمائة) خارصين ، او في حالات التآكل الشديدة سبيكة النحاس والنيكل •

٣ ـ اضافة عناصر جديدة الـى السبيكة لزيادة المقاومة منها القصدير الموجود بنسبة (١) بالمائة في البراص Admiralty . او اضـافة الفسفور او الانتموني او الالمنيوم بنسبة قليلة • توجد هذه الظاهرة ايضا في الحديد الصلب الرمادي Gray Cast Iron حيث تعلو سطح الحديد طبقة من الفحم ويمكن قطع الحديد بسهولة بعد هـذا الانفصـال •

ان مايحدث هو تكون خلية كالفانية بـين الحديد والكاربون الموجود في الحديد الصب • لان الكاربون يقع في الجهة غير المتآكلة بالنسبة للحديد في الجدول الكالفاني فان الحديد يذوب في المحلول تاركا الكاربون على شكل فحم •

يحدث ايضا انفصال للالمنيوم بوجود حامض الهايدروفلوريك او الحوامض الاخرى •

لكل نوع من التآكل طريقة معينة لعلاجه او الوقاية منه (سندرج معظم هذه الطرق) • يجب ان نعلم مسبقا ان الاعتبارات الاقتصادية هـــي التي تتحكم في اختيار طريقة العـــلاج • في بعض الحالات اذا استطعنا ان نحسب عمـــر الجهـــاز المتبقي ووجدنا ان التآكل منتظم وبطيء فان عـــدم استعمال اي علاج اكثر اقتصاديا من اســـــتعمال طريقة للحماية منه وتبديل الجهاز بعد فترة مناسبة يعتبر العلا ج المناسب •

١ ـــ اختيار السبيكة أو المعدن المناسب :ـــ

وهذه الطريقة الاولى في علاج انواع كثـــيرة من التآكل • توجد جداول كثيرة تبـــين المعدن المناسب للمحيط المناسب • تدخل في هذه الجداول علاقة عوامل منها درجة الحرارة والضغط ، مـــدى مقاومة المعدن أو المحيط ، العوامل الاقتصـــــــادية وغيرها • وقد نتجت هذه الجداول عن خبرة طويلة وعن بحوث كثيرة ولكن يجب ان تعتبر كدليل فقط وذلك لوجود حالات خاصة معينة لايمكن تطبيـــق قاعدة واحدة عليها • ندرج ادناه بعض الســـبائك والمعادن اللائمة والاقتصادية لمحاليل او محيطات خاصـــة :ـــ

أ ـــ تستعمل انواع الفولاذ لمداولة حامض النتريـــك •

ب ـــ النيكل وسبائكه للقواعد •

جـ ـــ المونيل لحامض الهايدروفلوريك

د ـــ الهاستيلوي لحامض الهايدروكلوريـــك الحـــار •

هـ ـــ الرصاص لحامض الكبريتيك المخفف

و ـــ الالمنيوم للجو الاعتيادي غير الملوث •

ز ـــ القصدير للماء المقطر

ح ـــ التيتانيوم للمحاليل المؤكسدة القويـــة والحـــارة •

ط ـــ التانتالوم للمقاومة العالية لمعظـــم المحاليـــل •

ي ـــ الحديد لحامض الكبريتيك المركز

ان هذه القائمة لاتعتبر الحل النهائي ولكـــن توجد معادن وسبائك اكثر ملائمة واقتصادية في بعض الظروف • توجد بعض القواعد والقوانـــين العامة الاخرى التي يمكن ان يستند عليها المصمم عند اختيار المعدن المناسب •

فمثلا المحيطات الاختزالية مثل الحـــوامض الخالية من الهواء المذاب يستعمل عادة النيكـــل والنحاس وسبائكهما • للمحيطات المؤكسدة • السبائك الكرومية تعتبر مناسبة وملائمة •• المحاليـــل المؤكسدة القوية يستعمل التيتانيوم وسبائكه التي تتميز بمقاومة عالية •

التبطـــين (Lining)

تبطن بعض الاوعية والاجهزة بمعـــادن او سبائك مقاومة للمحيط كوسيلة للعزل بين المعـــدن الاصلي والمحلول • وكطريقة اقتصادية يجـــري

التبطين بلحام صفائح من المعدن الواقي علـــى المعدن الاصلي • تكون هذه الصفائح بسمك خفيف ولاتدخل في حسابات التصميم من ناحية تحمل الضغط او المادة المداولة ولكن تستعمل فقط للحد من تآكل المعدن الاصلي وللحفاظ عليه •

توجد طريقة اخرى مشابهة تسمى التلبيس (Cladding) ـوهذه تعتمد على نفس الفكرة الا ان الفرق بين الطريقتين ان الوعاء في الحالة الثانية يلبس بالمعدن الواقي اثناء الصنع وباستعمال الحرارة (Hot Rolling) لذلك في حالة التلبيس لاتتكون طبقة هواء بين المعدن الاصلي والمعدن الواقـــي •

تبطن بعض الاجهزة والاوعية في حالات خاصة بمواد غير معدنية مثل :ــ

١ ـــ المطاط الصناعي والطبيعي •
٢ ـــ المركبات البلاستيكية •
٣ ـــ السيراميك والزجاج •
٤ ـــ الفحم والكاربون •
٥ ـــ السمنت المقاوم •

ان هذه المواد بصورة عامة تعتبر اقل قوة ومتانة من المعدن • ان المطاط والمركبات البلاستيكية اكثر مقاومة من المعادن لايونات الكلور ولحامض الهايدروكلوريك ولكن تتحكم بها درجة الحرارة حيث لايمكن استعمالها لدرجات حرارة اعلى من (٣٠٠°) ف • اما السيراميك فمقاومته عالية وخاصة للحوامض ولكنه سهل التهشم وضعيف مقارنة بالمعادن •

٢ ـــ تغيير المحيط :ــ

تنقسم هذه الطريقة الى عدة اقسام منها مايلي :ــ

أ ـــ تقليل درجة الحرارة :

كما معروف ان زيادة بسيطة في درجة الحرارة تضاعف من سرعة التآكل لذلك فان تقليل درجة حرارة المحيط تساهم كثيرا في الحد من التآكل • لاتنطبق هذه القاعدة في جميع الحالات فمثلا ان ماء البحر المغلى اقل تأثيرا من ماء البحر الحار • السبب هنا ان درجة ذوبان الاوكسجين تكون قليلة عند وصول ماء البحر درجة الغليان •

ان تقليل درجة الحرارة مرتبط بالظروف التشغيلية •

ب ـــ تقليـــل السرعة :ــ

عادة سرعة جريان المادة تزيد من سرعة التآكل ولو ان لهذه القاعدة شواذ ولكن تجنب السرعة العالية يقلل من ظاهرة التعرية والتآكل •

جـ ـــ ازالة الاوكسجين والمواد المؤكسدة

وهذ هالطريقة قد استعملت منذ زمن طويل فقد كان الماء الداخل الى المراجل يمر خلال قطع حديد سكراب لازالة الاوكسجين • في الوقت الحاضر تجري هذه العملية بواسطة الفراغ (Vacuum)

ان سبائك النيكل والمولبدنوم (هاستيلوي) تعتبر مقاومة لحامض الهايدروكلوريك ولكن اذا احتوى هذا الحامض على شوائب من كلوريد الحديديك فان مقاومتها تضعف • لذلك يجب

تنقية الحامض من هذه المادة المؤكسدة .

د – تغيير تركيز المحلول

ان تقليل تركيز العنصر المسبب للتآكل في المحلول يقلل من سرعة التآكل مثل تقليل تركيز ايونات الكلور في الماء . بعض الحوامض مثل حامض الكبريتيك والفوسفوريك تصبح غير فعالة عندما يزداد تركيزها في هذه الحالة فان زيادة التركيز سيقلل من سرعة التآكل .

هـ – استعمال مواد مانعة التآكل

مانع التآكل هو عبارة عن مادة تضاف الى محيط معين بتراكيز قليلة تقلل من سرعة التآكل . تعتبر هذه المواد بمثابة عامل مساعد . لم يعرف لحد الان كيفية عمل هذه المواد .

لقد اكتشفت هذه المواد بعد اجراء عدة تجارب مختبرية ولاسباب تجارية فان معظمها لم يعلن عن تركيبها ولكن من الممكن تقسيمها الى ما يلي :

المواد ذات خاصية الادمصاص

ان معظم مواد مانعة التآكل لها هذه الخاصية وهي عبارة عن مواد عضوية تشكل فلما على سطح المعدن يعزل المعدن عن المحيط ويوقف من نزول ايونات المعدن الى المحلول .

مثال على هذه المواد هو الامين العضوي (Orgainc Amines)

المواد المقللة لانبعاث الهايدروجين

بعض المواد عند اضافتها للحوامض تقلل من انبعاث الهايدروجين بذلك تحجب عملية التآكل .

مثال على هذه المواد الزرنيخ والانتموني .

المنظفات : –

وهذه المواد تزيل العامل المسبب للتآكل فمثلا ان الهايدرازين وسلفيت الصوديوم Sodium Sulphite يزيل الاوكسجين المذاب في الماء كما موضح ادناه :–

$$2Na_2SO_3 + O_2 \longrightarrow 2Na_2SO_4$$

$$N_2H_4 + O_2 \longrightarrow N_2 + 2H_2O$$

تستعمل هذه المواد في وحدات تعامل المياه وفي الحالات التي يكون فيها الاوكسجين العامل المسبب للتآكل .

المواد المؤكسدة

مثل النترات والكرومات التي تستعمل للمعادن التي تتكون فيها ظاهرة الخمول Passivity مثل الحديد وسبائكه والفولاذ .

المواد الفعالة عند التبخر

وهذه مشابهة النوع الاول وخاصيتها ان لها ضغط بخار عالي . لذلك تستعمل لحماية الاجهزة عند عملية نقلها حيث توضع كمية من هذه المادة داخل الوعاء وعند تبخرها تلامس سطح المعدن وتمنع تآكله .

المواد المعادلة للحموضة

تضاف هذه المواد لمعادلة حموضة المحلول وبذلك تقلل من التآكل . مثال على ذلك الامونيا . من المهم جدا ان نتذكر ان اضافة هذه المواد مرتبط بعدة عوامل منها درجة الحرارة ، نوعية المعدن ،

نوعية المحلول وتركيز المادة المضافة •

يجب اضافة التركيز المقرر من قبل الشركة الصانعة لانه اذا كان التركيز قليلا فان التآكل لايقل بالدرجة المطلوبة أما اذا كان التركيز عاليا فنكون قد اضفنا كمية اضافية لاموجب لها اضافة الى احتمال تلوث المحلول نتيجة ذلك •

٣ ـ التصميم

ان اهمية التصميم تعتبر من الاسس الرئيسية في منع التآكل • يجب على المصمم ان يأخذ بنظر الاعتبار قوة المعدن المطلوبة مع وضع سمك اضافي للتآكل •

بما ان التآكل يقلل سمك المعدن لذلك عند حسابالسمك المطلوب يضاف سمك اضافي للتآكل• فمثلا اذا اردنا تصميم خزان بعمر عشرة سنوات وقدرنا سرعة التآكل في عشر سنوات بمقدار ١/٨ انج فيجب ان يكون سمك جدار الخزان ١/٤ انج • وذلك لان التآكل قد يكون منتظما كما متوقع • ادناه بعض القواعد المهمة للتصميم الجيد :ـ

أ ـ يجب استعمال اللحام بدلا من البسمرة Rivets لمنع التآكل الموضعي •

ب ـ تصمم الخزانات والاوعية بحيث يسهل تفريغها وتنظيفها • يكون عادة قعر الخزان مائلا من جميع الاتجاهات الى نقطة التفريغ •

ج ـ تصمم الاجهزة بحيث يسهل تبديل الاجزاء التي يصيبها تآكل سريع • بعض الاوقات تصمم المضخات للمواد الكيمياوية بحيث يسهل رفعها عند الحاجة لتبديلها •

د ـ تجنب الجهود المتبقية والجهود المسلطة على الاجهزة لمنع ظاهرة التآكل الجهدي •

هـ ـ تجنب ايصال معدنين مختلفين متباعدين في الجدول الكالفاني ومحاولة عزلهما •

و ـ تجنب الانحناءات الحادة في الانابيب حيث يتغير اتجاه السائل في هذه الانحناءات مسببا ظاهرة التعرية •

ز ـ تجنب تعريض مناطق من المعدن لحرارة اعلى من المناطق الاخرى • يجب تصميم الجهاز بحيث توزع عليه درجة الحرارة بصورة منتظمة •

ح ـ تصمم المنظومات لمنع دخول الهواء في المحاليل مثل الاقلال من استعمال المحركات الميكانيكية Agitators ومنع النقاط التي يدخل منها الهواء الى المنظومة •

٤ ـ الحماية الكاثودية

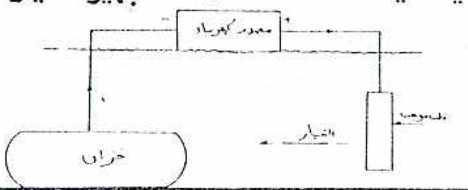
كما نعلم ان التآكل هو تفاعل كوركيمياوي يتضمن انتقال في الالكترونات وانبعاث الهايدروجين حسب المعادلتين التاليتين بالنسبة لتآكل الخارصين في الحامض :ـ

$$Zn \longrightarrow Zn^{+2} + 2e^-$$

$$2H^+ + 2e \longrightarrow H_2$$

في الحماية الكاثودية يجهز سطح المعدن بالالكترونات بذلك يقلل من نزول ايونات المعدن في المحلول • توجد طريقتان في الحماية الكاثودية وهما :ـ

أ ـ تجهيز التيار من مصدر كهربائي خارجي :ـ

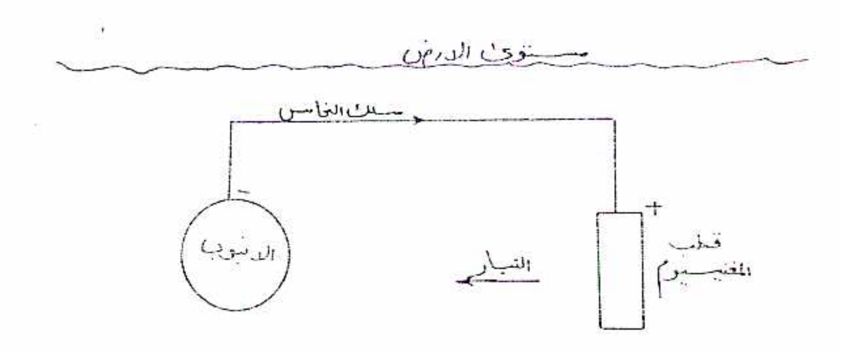


شكل رقم ـ٩ـ

اذا نظرنا الى الشكل (٩) نجد ان الخزان اصبح قطبا سالبا وكما نعلم من التآكل الكالفاني ان القطب الموجب يتآكل دائما لذلك فان هذه تصبح حماية للخزان •

ب ــ انشاء خلية كالفانية

اذا اوصلنا الجزء المراد حمايته بمعدن اخر اقل منه قيمة وبعيدا عنه في الجدول الكالفاني تتكون



شكل رقم ــ١٠ــ

لدينا خلية كالفانية يمر فيها التيار من القطب الموجب (المعدن الاقل قيمة) الى القطب السالب (المعدن الاعلى قيمة) وبذلك نحمي المعدن من التآكل بينما يتآكل القطب الموجب الذي يجب تبديله بين فترة واخرى •

المثال الشائع هو استعمال المغنيسيوم لحماية الانابيب المدفونة في الارض كما في المخطط الشكل (١٠) سيأتي شرح مفصل للحماية الكاثودية فيما بعد

٥ ــ التغطية coating

تستعمل التغطية بصورة رئيسية لعزل المعدن عن محيطه وتنقسم الى مايلي :ــ

أ ــ التغطية بالمواد المعدنية وغير العضوية

يغطى المعدن المراد حمايته بالمواد المعدنية ، وغير العضوية بعدة طرق منها :ــ

التغطية بالكهرباء ، التغطية بالاذابة ، التلبيس ، التغطيس ، التغطية بالبخار ، التنافذ ، التحويل الكيمياوي •

في جميع الاحوال يجب التأكد من وجود عازل جيد حيث ان ظهور اي انكسارات او تشققات في سطح الطبقة المغطية يؤدي الى تآكل سريع في تلك المنطقة •

مثال على هذا النوع من التغطية دعاميات السيارات ، الاجهزة المنزلية ، الادوات الفضية العلب الحافظة للمواد الغذائية •

التغطية بالكهرباء Electroplating :ــ

هنا يغطس الجزء المراد حمايته في حوض من

محلول المعدن المستعمل للتغطية وبمرور تيــــار كهربائي في المحلول بوجود قطب بذلك تنتقـــل ايونات المعدن المغطى الى الجزء المغطس الــذي يعتبر القطب الثاني . فمثلا يغطى الحديـــــد بالخارصين في حوض حامضي من كبريتات الخارصين أو في حوض قاعدي من سيانيد الخارصين • يكون الحديد القطب السالب •

ان نوعية التغطية تعتمد هنا على درجــــة الحرارة ، مقدار التيار ، الوقت وتركيز المحلول • تغير هذه العوامل حسب الحاجة المطلوبة فمـــن الممكن تعديلها للحصول على تغطية خفيفة او تغطية سميكة • قد تكون التغطية متكونة من معدن واحد او من عدة معادن واحد يغطي الاخر •

على سبيل المثال ان دعامات السيارات تغطى اولا بالنحاس ثم بالنيكل واخيرا بالكروم •

التغطية بالاذابـــة

هنا يذاب المعدن المغطى بواسطةشعلة وينفخ على الجزء المراد حمايته • يســـتعمل الاســـتيلين والاوكسجين لتجهيز الشعلة او في بعض الاوقـــات يستعمل غاز البروبان •

تكون التغطية بهذه الطريقة غير مضـــمونة لاحتواء الغطاء على فقاعات ومنافذ وتستعمل في الحماية ضد ظروف تآكل سهلة وغير شديدة •

يجب تهيئة السطح المراد تغطيته بواســـطة التبيض بالرمل لكي يكون خشنا وللحصول علـــى تلامس جيد • لكون هذه الطريقة اقتصادية فأنهـــا تستعمل في حماية الجسور والبواخر واجهزة التبريد والمداخن وغيرها •

التلبيس

لقد ورد ذكر هذه الطريقة في الفقرة الاولـــى (اختيار السبيكة او المعدن المناسب) •

التغطيس

وهذه من اقدم الطرق حيث يغطس الجزء المراد تغطيته في معدن سخن الى درجة الذوبان • ومثال علـــى ذلك الحديد المغلفن • يكون الغطاء سميك مقارنـــة بالطـــرق الاخرى •

التغطية بالبخار

وهذه الطريقة تجري في غرفة قد ازيل منهـــا الهواء (فراغ) • يسخن المعدن المغطى بالكهرباء الى ان يبخر ويغطى البخار الجزء المراد تغطيته • ان هذه الطريقة تكلف كثيرا ولاتستعمل الا للاجـــزاء المهمة جدا مثل اجزاء الصواريخ والمركبات الفضائية •

التنافـــذ

فـــي هـــــذه الطريقــــة يعامـــل الجـــــزء المـــراد تغطيتـــه مـــــع المعـــــدن المغطـــــــى تعاملا حراريا حيث يتنافذ المعدنين الواحد فـــي الاخر ونحصل على سبيكة منهما على سطح الجزء• يعرض الجزء لمحيط غازي يحتوي علـــى المعـــدن المغطي • فمثلا في عملية التغطية بالالمنيوم يؤكسد سطح الجزء للحصول على اوكسيد الالمنيـــــوم تستعمل هذه الطريقة للاجزاء المقاومة للحـــرارة العاليـــة •

التحويل الكيمياوي

في هذه الطريقـة تجـري عملية تآكـــل لسطح الجزء للحصول على طبقة من المواد الناتجة من التآكل التي تعزل الجزء الاصلي وتمنع حدوث التآكل مرة اخرى . فمثلا يسخن الحديد في الهواء للحصول على اوكسيد الحديد الذي يغطي السـطح ويعتبر اكثر مقاومة من الحديد نفسه .

ب ــ التغطية بالمواد العضوية :ــ

وهذا يتضمن عزل المعدن عن المحيط بسـمك خفيف من مادة عضوية مثل عملية الصبغ .

تستعمل هذه الطريقة في معظم الاحـوال لتغطية المعادن المعرضة للجو ولاتستعمل للسطوح الداخلية كصبغ السطح الداخلي لوعاء مثلا . يجب عدم استعمال هذه الطريقة لمحيطات ذات قـوة تآكل شديدة لان اي انكسار في طبقة الصـبغ يؤدي الى تآكل سريع .

توجد ثلاث عوامل مهمة يجب الاخذ بها قبل البدء بالتغطية وهي :ــ

١ ــ تهيئة السطح

وهذا يتضمن جعل السطح خشنا للحصـول على تلامس جيد اضافة الى ازالة الاوســاخ والدهونات والمواد الغريبة . اي ان السطح يجب ان يكون نظيفا وخشنا .

احسن طريقة للحصول على سطح جيد هـي التبيض بالرمل . توجد طرق اخرى مثل التغطيس والتنقيـر .

٢ ــ اختيار الاساس

ويحتوي الاساس على مواد مضافة مضادة للتآكل مثل كرومات الخارصين . يجب تغطيـة جميع سطح المعدن وحتى المناطق الضيقة .

من المستحسن استعمال اساس سريع الجفاف لمنع تلوثه .

٣ ــ الغطاء الخارجي

ان اختيار الصبغ الملائم مهم جدا . فمثـلا ان استعمال الصبغ الرخيص هو عبارة عـن اقتصاد زائف ويعتبر غالي على المرحلة الطويلة . كما وان معظم كلفة عملية الصبغ هي ليسـت في الصبغ نفسه ولكن في العمل واجهزة الصبغ .

تستعمل عادة عدة طبقات من الصبغ للتأكـد من عدم وجود فقاعات او انكسارات في الغطاء . لايمكن الحصول على صبغ جيد بتغطية المعـدن بطبقة واحدة .

من الطرق الجيدة في الصبغ استعمال الرشاش والحرارة للحصول على تماسك جيد .

رابعا : ــ حماية الاجهزة المتوقفة عن التشـــــغيل

أ ــ قواعد الحمــاية

يمكن تعريف حماية المعدات المتوقفة عـــــن التشغيل بانها طرق الحفاظ على هذه المعدات وعدم الاخلال بوظيفتها او اصابتها باضرار حين توقفهــا كاحتياطي لمعدات اخرى وارجاعها الى صلاحيتهــا للعمل في اقل وقت واقل تكاليف ممكنة ٠

ب ــ مصادر الاضرار والتلف

عادة تكون اسبا بالتلف للمعدات خلال فتــرة التوقف مختلفة تماما عن اسباب التلف اثناء فتــرة التشغيل ويجب مراعاة ذلك بعناية في تعيين الاجزاء المراد حمايتها وطرق الحفاظ عليها من التلف اثنــاء التوقــف ٠

وعادة تكون رطوبة الجو هي العامل الاساسي للتلف ــ حيث انه في درجة حرارة الجو يكـــون من السهل تكثف بخار الماء المختلط بالاوكسجين ممــا يسبب الصدأ والتآكل ٠ وهذه الظروف عادة لاتكون متوفرة اثناء التشغيل حيث تكون درجـــة الحرارة عالية لحدما ٠ وعلى هذا تكون ظروف المعــدات المتوقفة عن التشغيل هي نفس ظروف المعدات التي تعمل في درجة حرارة الجو وتعرضها للصدأ والتآكل٠ ايضا احتمال تسرب رطوبة الامطار والثلوج خــلال التشققات الصغيرة واماكن الربط او خلافه تكــون مصادر جديدة للتلف ٠ وتزيد عوامل التآكل والصدأ ايضا اذا كانت سطوح المعدات المتوقفة عن التشغيل غير منظفة جيدا او ان يكون بها مخلفات كيمياويـــة او رواسب مسببة للتآكل فان هذه المواد قد تكون اكثر ضررا وتسببا للتآكل في وجود الرطوبة ٠

كذلك فان الحديد الصلب وسبائك المعادن والتي تكون مقاومة للتآكل بصورة مرضية خلال عمليــات وظروف التشغيل من الضغط ودرجة الحرارة قد تتأثر بصورة خطيرة لظروف الجو ووجود اتربة او اوساخ وغازات مختلطة مع الرطوبة والتي تجعلها مســببة للتآكل بدرجة كبيرة ٠

جـ ــ اسس وضع نظام فعال للحماية :ــ

ان وضع نظام فعال لحماية المعدات المتوقفــة عن العمل هو نتيجة فهم جيد لظروف ومســـببات التلف للمعدات وكذلك امكانية وسهولة طرق هــذه الحماية والتي يمكن تقديرها وتصنيفها حســـب الاسس التالية :ــ

١ ــ الفحص الكامل للمعدات بعد عزلها عن التشغيل
٢ ــ القاء نظرة فاحصة على التصميم الميكانيكي للمعدات
٣ ــ تعيين وتقدير فترة التوقف للمعدات
٤ ــ الاخذ بنظر الاعتبار طرق الحمايـــة المستخدمة لكل قطعة من المعدات على حدة
٥ ــ أقتصاديات أو تكاليف الحماية للمعدات ٠
٦ ــ القيمة الارجاعية للمعدات
٧ ــ توقع الاحتياج للمعدات

د ــ الظروف المؤثرة على متطلبات الحماية

قد تختلف الظروف لاحتياج حماية المعدات من مصفى الى اخر ويعتمد ذلك بصورة كبـــيرة على الاختلافات التالية :ــ

١ ــ الاحوال الجوية قد تختلف بدرجات متفاوتة في:
أ ــ الرطوبـــة
ب ــ النهايات القصوى والصغرى لدرجات الحرارة

جـ ـ التغيرات الفجائية

٢ ـ جو المعمل قد يتأثر بظروفه التالية :ـ

أ ـ معمل كيمياوي

ب ـ معمل صناعي

جـ ـ مياه مالحة

تحديد الحماية المطلوبة

١ ـ الفحص :

لتقدير نوع الحماية المطلوبة لاي جزء من المعدات يجب اولا فحصه بصورة جيدة ومستفيضة وهذا الاجراء الاولي هو الذي يحدد بصورة دقيقة حالة المعدات او الاجزاء ونوع الحماية الواجب تنفيذها اضافة الى ذلك فأنه يمكننا تقدير ما اذا كانت المعدات ذات قيمة كافية لاجراء الحماية ام لا . هذا ومن الواضح انه ليس اقتصاديا اجراء الحماية لمعدات وصلت الى حالة من التلف بحيث اصبحت غير صالحة للاستعمال ويجب تبديلها .

ويجب تسجيل الفحص واظهار المعلومات التالية :ـ

١ ـ وصف تفصيلي لحالة المعدات .

٢ ـ تقدير العمر المتبقي للمعدات . وهذا التقدير يحدد على اساس تطور حالة المعدات من خلال الفحوصات السابقة .

٣ ـ تقرير التنظيف المطلوب

٤ ـ عمل الادامة الفورية المطلوبة اذا تقرر استمرار المعدات في التشغيل .

ان فحص المعدات المتوقفة عن التشغيل سوف يعطي فكرة عن الادامة والتصليح المطلوب لتسهيل الاستعمال الفوري للمعدات اذا اريد ارجاعها الى الخدمة . كذلك فان فحص المعدات يجب ان لا يتوقف عند فحص المعدات الرئيسية فقط بل يجب فحص جميع المعدات وعمل الحماية اللازمة لها .

٢ ـ نظرة فاحصة لتصميم المعدات :

ان اجراء مراجعة تفصيلية لتصميم المعدات تكون مفيدة جداً في تحديد نوع الحماية المطلوبة ومن الواضح ان المعدات المصنوعة من معادن ذات مقاومة جيدة للوسط المحيط قد تحتاج الى عناية بسيطة وبالعكس فان المعدات المصنوعة من معادن او مواد قابلة للتلف السريع قد تحتاج الى عناية خاصة في وضع نوع الحماية المطلوبة .

٣ ـ المعدات الداخلية :

ان طبيعة المعدات الداخلية او بعض الاجزاء داخل المعدات قد تختلف النظرة اليها فمثلا المعدات المضادة للانفجار قد لاتتطلب عناية مركزة مثل المعدات المعرضة للابخرة والاتربة .

٤ ـ النوع الاساسي لغطاء الحماية :

ان النوع الاساسي لغطاء الحماية ينص عليه في مواصفات التصميم مثل الغطاء بالصبغ او الغطاء المعدني ... الخ ويجب تحديده في ضوء تأثيره ودرجة الحماية المطلوبة . ومن الممكن ان يكون الغطاء الاساسي المغطى للمعدات اصلا من قبل الصانع كافيا اذا كانت فترة التوقف صغيرة .

٥ ـ تحديد فترة التوقف :

من المهم جدا تقدير فترة التوقف اقرب

ماتكون الى الحقيقة • وانه لعامل اساسي في تحديد الحماية المطلوبة للمعدات ومن الواضح ان الفحوصات المطلوبة لعمل حماية لفترة شهر واحد من التوقف تختلف كثيرا عن الفحوصات والحماية المطلوبة لعدة اشهر •

و في الحقيقة ان التقدير الخاطىء لفترة التوقف قد يؤثر تأثيرا كبيرا على صلاحية المعدات للاستخدام او ان يكلف الجهد والمال الزائد بدون فائدة مرجوة • فاذا كان تقدير فترة التوقف اقل من الحقيقي قد ينتج عن ذلك التلف التام للمعدات او اعادة عملية الحماية • واذا كان تقدير فترة التوقف اكبر من الحقيقي فاننا نكون قد كلفنا المعمل الجهد والمال الضائع •

٦ — اعتبارات اقتصادية :—

ان اختيار طريقة للحماية تعتمد على قيمة المعدات وعلى تكاليف الحماية واخيرا على كمية الحماية المطلوبة •

ان المعدات التشغيلية لاي مصفى تمثل رأس مال لابأس به وانه من غير العملي حماية كل المعدات خلال فترة التوقف • وكثير من اجزاء المعدات لكونها رخيصة الثمن ولارتفاع تكاليف حمايتها يجب ان لاتؤخذ في الاعتبار في اي برنامج للحماية •

هذه المعدات والاجهزة التي تقع تحت هذا البند هي كما يلي :—

١ — الاجهزة الرخيصة مثل الترمومترات الزئبقية — المانومترات — اجهزة قياس الضغط الصغيرة •

٢ — الاجهزة الكهربائية الصغيرة المعزولة — المحركات الكهربائية الصغيرة — الازرار — المحولات الجافة •

٣ — المعدات الميكانيكية الرخيصة مثل المضخات الصغيرة ذات الدفع الواطىء — الصمامات المصنوعة من حديد الصب — الانابيب وملحقاتها •

ان اي برنامج للحماية يجب ان لاتقرب تكاليفه من تكاليف تبديل هذه المعدات • ايضا فان تقدير عمليات تحسين الوحدات او تحسين التصميم لبعض الاجهزة يجب ان ينظر اولا للعائد منها قبل ان تصبح هذه المعدات غير صالحة ومن الواضح انه يوجد بعض الاستثناءات لهذه القواعد مثل اوعية الخزن والمحركات الكهربائية الكبيرة والضاغطات الضخمة •

طرق الحماية :—

طرق الحماية والتي سوف نتكلم عنها فيما يلي — تختلف من معدات الى اخرى حسب نوعيتها وحسب نوع الحماية المطلوبة والوقت اللازم لاجراء الحماية وتعطيل المعدات • ان اختيار طريقة من طرق الحماية عن اخرى يعتمد اساسا على حالة المعدات وعلى فهم مقدار التكاليف المطلوبة للحماية •

أ — الحماية الخارجية :—

الغطاءات العضوية :—

١ — من اهم الغطاءات العضوية المعروفة واكثرها استعمالا لتغطية السطوح الخارجية

للحماية ــ هي الاصباغ والمواد الشبيهة واذا كانت هذه المواد مستعملة للحماية اثناء التشغيل ــ فيجب فحصها جيدا وملاحظة وجود اي تصدع لتماسك الصبغ او وجود فقاعات ــ وفي هذه الحالة تزال هذه المناطق ويعاد صبغها او طلائها مرة اخرى واذا كانت مساحة هذه الاماكن كبيرة بالنسبة لمساحة المعدات وجب اعادة الصبغ الكامل للمعدات .

٢ ــ التشحيم الكثيف

مراكز الدوران Bearings والاسطح الانزلاقية وماشابه ذلك من الاجزاء التي لايمكن طلائها بالاصباغ ــ تغطى بطبقة كثيفة من الشحم

٣ ــ التغليف Wrapping

بعض الاسطح قد تغلف بواسطة الورق السميك المانع لتسرب المياه او المواد البلاستيكية في بعض الحالات يعامل الورق المانع لتسرب المياه بواسطة ابخرة مواد مانعة للتآكل وهي مواد خاصة يجب استشارة الصانع بخصوصها اذا وجد من المفيد استعمال هذه الطرق في الحماية .

٤ ــ التغليف ضد النار والعزل الحراري :ــ

يجب اعطاء عناية خاصة للمعدات المعزولة حراريا او المغطاة بمواد حافظة من الحرائق . ويجب ازالة المناطق التالفة وفحص سطح المعدن تحت هذه المناطق وتنظيفها جيدا واعادة صبغها اذا احتاج ذلك قبل وضع غطاء جديد . يجب ايضا الاعتناء والتأكد من ان السطح الخارجي لهذه الاغطية مانع لتسرب المياه Water proof بصورة جيدة .

ه ــ الاغطية المعدنية :ــ

عندما تكون الاسطح مغطاة بغطاء معدني للحماية فيجب فحص هذه الاسطح بعناية وتنظيف المساحات التالفة جيدا قبل اعادة طلاءها بنفس المعدن بواسطة الرش باللهب .

ج ــ الحماية الداخلية :ــ

١ ــ الغطاء الزيتي :ــ

جميع الاسطح الداخلية للخزانات والاوعية والمبادلات الحرارية والانابيب وانابيب الافران ومجمعات الانابيب والاسطوانات والمضخات والضاغطات والجسم الداخلي للصمامات والتربينات وما شابه ذلك من الاوعية المغلقة يمكن حمايتها بواسطة استعمال زيت خفيف من الدهن سواء كان لهذا الزيت خاصية ابطاء التفاعل الكيمياوي للتآكل ام لا طالما هو كافي وذو درجة لزوجة مناسبة للالتصاق باسطح المعدات . وفي حالة المعدات الكبيرة والتي يمكن الدخول بها والوصول الى جميع الاسطح بسهولة فيمكن استعمال طريقة الرش ولكن يجب العناية بالرش وتزييت جميع الاسطح بنفس درجة الكثافة وفي الحالات الاخرى للمعدات الصغيرة قد يكون مناسبا ان نملىء هذه المعدا تبالزيت ثم يفرغ الزيت تاركا طبقة جيدة للحماية على جميع الاسطح الداخلية . والزيوت الخفيفة المناسبة هي الانواع ذات اللزوجة الواطئة والتي لاتتبخر بسرعة . والمواد المانعة للتآكل هي مواد خاصة ويجب استشارة الصانع بهذا

الخصـــوص ٠

٢ ــ المــــيء :ــ

جميع المعدات المغلقة يمكن حمايتها بملئهـــا تماما بواسطة زيت بترول خفيف ليس له خاصية التآكل مثل كازاويل سواء كان به اضافات مانعـــة للتآكل ام لا ٠ وفي بعض الحالات يستعمل ايضـــا الماء ذو الخاصية المانعة للتآكل في الملىء ٠

٣ ــ مواد منع التآكل في الحالة البخارية

قد تستعمل مواد مانعة التآكـــل في صـــورة بخار لحماية الاسطح الداخلية للمعدات ويجـــب استشارة الصانع في مثل هذه الحالات في طريقـــة التحضير وكيفية الاستعمال حسب نوع مانع التآكل المستعمل وحسب نوع المعدات المطلوب حمايتها ٠ وهذه المواد المتبخرة تستعمل أيضـــا في الاغطيـــة الورقية لتسرب المياه والتي تغطى بها الاســـطح لحمايتها ٠ ويتم ذلك بتشبع مسام هـــذه الاوراق بالمواد المتبخرة أو ان يستعمل مع الاوراق نسيج مشبع بهذه المواد ٠

٤ ــ الغازات الخاملة

جميع المعدات المقفلة قد يتم حمايتها بواسطة ملئها بغاز خامل يطـــرد الهواء منها ويحل محله مثل غاز ثاني اوكسيد الكاربون ٠

٥ ــ المجففات

قد تستعمل المجففات في حماية المعدات المغلقة حتى تمتص اي رطوبة موجودة بالداخـــل ويجـــب ان يكون هناك مؤشرات تبين مدى التشبع للمواد المجففة كما ان هذه الطريقة تستلزم الفتح الدوري للمعدات والكشف عن حالة المجففات وابدالهـــا اذا لزم الامر ٠

ــ تحـــــذير : ــ

قد يكون استعمال نوع من الغطاء للحمايـــة او مـــواد مانعـــة للتآكـــل لمعـــدن معـــين نفســـه ضار لمعدن اخر ولذا يجب اعطاء العناية الكافيـــة لاختيار نوع الغطاء او المواد المانعة للتآكل حسب نوع المعدن والتأكد من انه مناسب للغرض المستعمل فيـــــه ٠

د ــ الحماية العامـــة

١ ــ الاكســـاء Cocooning

غطاء واقي من الصدأ

طريقة الاكساء هي غطاء واقي للحمايـــــة بواسطة الرش بمادة بلاستيكية للمعدات بكاملها ٠ ولقد استعملت هذه الطريقة بكثرة وبنجاح فـــــي الاغراض العسكرية وفي الصناعة لحماية المعـــدات المتوقفة ٠ كما ان استعمالها غير محدود وغير مرتبط بحجم المعدات وشكلها الهندســـــي ٠ وصلاحية الحماية بالغطاء البلاستيكي قد يمتد امده الى فترة عشر سنوات وفي امكانه توفير الحماية من الاتي :ــ

١ ــ الامطار والثلوج والرطوبة

٢ ــ الابخرة والحوامض الصناعية

٣ ــ الاتربة والجو العفن

٤ ــ الهواء المالح

وترتبط فترة الحماية بمقدار نوع وســـــمك المادة البلاستيكية المستعملة (ومواصفات هذه المواد سواء الخواص الطبيعية او الكيمياوية تطلب مـــن الصانع) اما عملية الرش نفسها فليست من العمليات

الصعبة التنفيذ وتحتاج الى المعدات التالية :ــ

١ ــ ضاغطة هواء ذات سعة ٦٠ قدم مكعب / الدقيقة بضغط من ٩٠ الى ١٠٠ رطل على البوصة المربعة .

٢ ــ منظمات ضغط هوائية

٣ ــ خزان تغذية للهواء المضغوط بسعة ١٠ الى ١٥ غالون

٤ ــ مسدس رش وخراطيم توصيل

ويستطيع عامل الصيانة القائم بهذه العمليـة أن يتقن عمله بعد فترة ممارسة قصيرة .

ويمكن الحصول على طريقة الرش وكيفيـة استعماله من احد منتجي المواد البلاسـتيكية المستخدمة للرش .

٢ ــ التطليــب Packaging

بالنسبة للاجزاء الصغيرة واجهزة القيـاس يمكن حمايتها بوضعها في اكياس بلاستيكية او علب كارتون تحفظها من الرطوبة .

د ــ الحماية بواسطة تغير الجو المحيط ؟

أ ــ تكييف الهــواء :ــ

طالما كانت الاجهزة داخل غرف او ابنيـة مغلقة يمكن حمايتها بواسطة تكييف الهواء وحفظ درجة الحرارة ثابتة مع تقليل نسبة الرطوبة الـى اقل درجة ممكنة .

٢ ــ ازالة الرطوبة :ــ

في بعض الحالات تخزن المعدات في غـرف محكمة القفل مع ازالة الرطوبة منها بواسطة طرق ميكانيكية او بواسطة مواد تمتص الرطوبة مـع استعمال مؤشرات تبين مقدار التشبع . وعنـد استعمال مثل هذه المواد يجب ان تكون مرئيـة للعين او قريبة من شباك حتى يسهل تبديلهـا اذا وصلت الى حالة التشبع بدون الحاجة الى الدخول داخل الغرفة .

طرق الحماية لمعدات معينة :ــ

أ ــ نظرة عامـة :ــ

سوف نشرح فيما يلـي اجراءات الحمايـة لمعدات معينة ــ وطريقة العمل المقترحة في ضـوء احتياجات الحماية والوقت المقرر لتوقف المعدات ــ كما ان الارشادات التي سوف نذكرها هي بمثابة دليل فقط . ولكن الامر يعتمد اساسا على الفحص الجيد والفهم الواعي لتكاليف الحماية .

ب ــ المعدات الميكانيكية

١ ــ الضـاغطات :ــ

ان طرق الحماية اللازمة للضاغطات الكبـيرة يجب أن تكون تامة وبعناية كبيرة وذلك لارتفـاع أثمان هذه المعدات .

وهذا النوع من المعدات معقد التركيـب ويستلزم فحص جيد وبرنامج تفصيلي للقياسات والحماية . في حالة بقاء الضاغطة مخزونة فـي منطقة العمل فيجب دراسة المشكلة من ناحية الجو المحيط وتأثيره على الحماية المطلوبة . ومن الواضح ان رفع محرك الاحتراق الداخلي الذي يديـر الضاغطة قد يكون صعب ومكلف غير انه في بعض الحالات يكون هذا هو الحل الامثل الذي يجب عمله ويجب اعطاء عناية خاصة للضاغطات التي تـزال

من اماكن العمل لتخزن في منطقة بعيـــــدة • والضاغطات التي لاتستند على قواعد يجب تخزينها بحيث تستند على طول هيكلها حتى لايحدث بهـا هطول Sag او تشوه Distortion ويمكن عمل قاعدة لها من هيكل حديدي من دعائم الصلب المصنع باللحام •

ومن المهم الحفاظ على قيمة الضاغطة وحمايتها من الجو بوضعها في غرف معزولة او تغطيتها بغطاء مناسب — ويفضل استعمال غرف خاصة او بنـاء للحفاظ على اغطية حماية السطح وعلى الضــاغطة عامة من جميع العناصر.وفيما يلي خطوات الحماية التي ينصح بها لخزن الضاغطات التي تعمل بواسطة محركات الغاز في اماكنها ولفترات التوقف المطلوبة• كما انها تصلح بصورة عامة ايضا للضاغطات التي تعمل بمحـركات البخار او التي تعمل بالبنزين •

أ — مجمع الضخ :—

١ — فرغ مياه التبريد من جميـع غطـاءات الاسطوانة Cylinder jackets من ناحية دخول مياه التبريد • ومن عازلات البخار فـرغ نهايـات خروج المياه • احيانا تكون هناك سدادات plugs خاصة للتفريغ وعندما يتوقف خروج الماء يجـب الفحص جيدا للتأكد من تفريغ جميع المياه •

٢ — تملىء جميع اماكن التزيت واوعيتهـا كاملا بالزيت لمنع تكون الصدأ في اجزاء الضخ •

٣ — تزال جميع حشـوات ذراع المكبس وحلقات مانع الزيت وتنظف في محلول مناسب — يستخدم غطاء مناسب لمنع الصدأ ثم تلف باوراق تمنع تسـرب المـاء او ان توضـع في اكيـاس بلاستيكية • — والاغطية المناسبة لمنع الصدأ قـد تكون الشحم او زيت عالي اللزوجة او مواد لهـا نفس الخواص • وفي حالة استخدام مواد خاصة يجب أستشارة الصانع عن مدى ملائمـة المـادة للغرض • يجب ترقيم الحشوات والحلقـات وتصنيفها حتى يسهل اعادتها في اماكنها الصحيحة•

٤ — تزال صمامات الدخول والخروج مـن اسطوانة الضاغطة وتنظف جيدا وتغطى بمـواد مناسبة تحفظ من الصدأ • عنـد ازالة الصمامات يجب رش فتحات التركيب وفتحة ذراع المكبس بمـادة مناسـبة •

٥ — يدار محرك الغاز يدويا ويغطى جميـع اسطح اسطوانة الضاغطة من الداخـل بواسطة غطاء الحمايـة سواء كان ذلك زيـت تزيـت او مانع مناسب للصدأ •

٦ — يعاد ربط جميع الصمامات في اماكنهـا الاصلية وتغلق باحكام •

ب — مجموعة القوى المحركة

١ — تفرغ مياه التبريد للمحرك — يزال رأس الاسـطوانات وتنظـف الاسطوانات مـن الداخـل جيـدا بواسـطة قمـاش ناعـم حتى تصبح جافة ونظيفة • تستخدم زيوت التزييت في غطاء الحماية او اي مادة مناسبة لمنع الصـدأ على ان تصل بقدر الامكان لكل السطح • تـزال الصمامات من رأس الاسطوانات وتغطى فتحاتها واماكن تثبيتها بنفس المادة المانعة للصدأ • يعـاد

ربط رأس الاسطوانة ويراعى عمل الحماية للملفات Spring ويراعي الضبط اذا كانت خارجة عن غطاء الحماية الخارجي للضاغطة •

٢ ـ يزال الباب الجانبي المغطي لمجموعة المرفق Crankshaft وعمود الكامات ويمسح ويجفف جيدا من الداخل وجميع الاجزاء المتحركة ويمكن غسل هذه الاجزاء والوعاء الحاوي لها بواسطة النفط الابيض قبل تجفيفها • تدار المجموعة يدويا للتأكد من ان جميع الاجزاء التالية قد تم تغطيتها بواسطة الغطاء الزيتي او المادة المانعة لتكون الصدأ :ـ

أ ـ Crosshead Guides and Pins

ب ـ عمود التوصيل

ج ـ عمود المرفق

د ـ عمود الكامات

ز ـ مراكز الدورات الرئيسية (بقدر الامكان)

هـ ـ السطح الداخلي للوعاء

٣ ـ تعاد جميع الصفائح الجانبية مع التأكد انها لاتسمح بدخول الغبار وبعد اتمام ارجاع جميع الاغطية وربطها ينظف السطح من الخارج وتستخدم المواد المانعة للصدأ في التغطية من الخارج •

٤ ـ يفحص جيدا الهيكل الكلي من الخارج ويتأكد ان جميع الفتحات والثقوب والتي قد تسمح بدخول الغبار او الرطوبة قد سدت تماما بطريقة مناسبة •

٥ ـ يزال المجنيتو من مكانه وينظف ثم يخزن في مكان جاف ودافىء ـ ويمكن حماية الماجنيتو خلال فترة الخزن بواسطة وضعه في علبة كرتون سميكة او وعاء مشابه •

٦ ـ تنظف وتغطى باغطية الحماية جميع الاجزاء الصغيرة والاجهزة المساعدة مثل صمامات الامان والانابيب والمرشحات •

يجب عمل فحص دوري للضاغطات والتي تبقى متوقفة عن التشغيل لفترة طويلة ـ وقد اشير الى ان هذه الفترة تتراوح مابين ثلاثة الى اربعة اشهر وخلال الفحص الدوري ينصح ان يزال غطاء الحماية عن فتحات الاسطوانات وعمود المرفق وفتحات مراكز الدوران وعمود المكبس وغيرها وذلك لتحديد حالة المعدات.وعندما يرى ان برنامج الحماية يسير بصورة مرضية يعاد غطاء الاسطح التي ازيل منها غطاء الحماية بنفس الطريقة وبنفس البرنامج الذي عمل سابقا ـ اما اذا كانت الحماية قد تمت بواسطة عمل غطاء واقي من البلاستيك فان فترة الفحص الدوري قد تتباعد حسب خبرة المختصين في هذا المجال •

اما اذا اظهر الفحص الدوري وجود صدأ في مناطق معينة فيجب على الفور ازالة الصدأ ومسحه جيدا وتجفيفه ثم اعادة تغطيته بغطاء الحماية •

وهناك تعديلات على البرنامج السابق لتنفيذ الحماية اذا كانت فترة التوقف قصيرة ـ وفي اغلب المناخات او اجواء المعامل يكون من غير المقبول ترك الضاغطات سواء من الداخل او من

الخارج بدون حماية لفترة تزيد عن ستة اسابيع ٠ فاذا ظهر ان فترة التوقف سوف تزيد عن هـــذه المدة وجب اجراء الحماية ٠ وفي المناطـق الباردة واحتمال تجمد المياه فيجب تفريغ الماء من مجموعة التبريد من المحرك ومن غطاء اسطوانة الضاغطـة

ب ـ المضـخات :ـ

جميع المضخات سواء كانت مروحية او ترددية او من النوع الحاقن Injection Type لبساطة تصميمها الميكانيكي فان عمل الحماية انما يكون ذو فاعلية وقليل الكلفة في نفس الوقت ٠ وبغض النظر عن نوع المحرك المشغل للمضخة فانه مـن العملـي اعتبار المضخة كوحدة واحدة ٠ لاتوجد ضــرورة لفتح اجزاء المضخة حتى ولو كان التحضير للحماية على اساس فترة كبيرة للتوقف عن التشغيل ٠ اذا كان الوسط الموجودة فيه المضخة يسبب التآكل فان قياسات وفحوصات الحماية لاتتغير سواء كانـت فترة التوقف قصيرة (من ثلاثة الى اربعة اشهر) او انها سوف تمتد الى فترة كبيرة ٠ والاختـلاف الوحيد هو في طريقة التنظيف وامده :ـ

أ ـ المضخات المروحية Centrifugal Pumps

وفيما يلي البرنامج الموصى به في عمـل الحماية للمضخات المروحية ـ النوع العمودي ـ

١ ـ تفتح جميع الفتحات vents ويفرغ وعاء المضخة وكذا وعــاء مركــز الــدوران bearing housing. يغسل جيدا وعاء المضخـة ووعاء مركز الدوران بواسطة مذيب مناسب او مواد منظفــة ٠

٢ ـ تفصل انابيب الاتصال وتسد blind فلنجات السحب والدفع اذا كانت المضخة ســوف ترفع من مكانها وتخزن في اماكن التخزين ٠ امـا اذا كانت المضخة تبقى في مكانها في حقل التشغيل فيجب التأكد ان صمامات السحب والدفع مغلوقة تماما ومسدودة ايضا

٣ ـ مانعات تسرب الزيت الميكانيكية المفردة اذا احتوت المضخة على مانعات تسرب الزيت فيجب عمل الاتي :ـ

أ ـ تفك ضاغطات مانعات التسرب Seal gland

ب ـ تفحص مانعات التسرب لتحديــد مـدى صلاحية وجهيها لاعادة التشغيل ٠

جـ ـ تحفظ مانعات التسرب في طبقة مــن الشحم الخفيف

د ـ تربط بدون قوة ضــاغطات مانعــات التسرب في اماكنها ٠

٤ ـ عند استعمال مانعات تسرب مزدوجة ـ يفرغ وعاء الحشوات ويغسل بواسطة مـادة منظفة ـ يسد اسفل الوعاء ويملىء بشحم خفيف او زيــت ٠

٥ ـ اما بالنســبة للحشوات الاعتياديــة Conventional packing يفك الضاغط gland وتزال الحشوات ـ يغطى السطح الداخلي لوعاء الحشوات بواسطة شحم خفيف ـ يعاد تركيــب الحشوات غير المعدنية ويعاد ربط ضاغطـــات الحشوات ـ توضع الاشارات اللازمة Labels على المضخة لبيان ان الحشوات اللازمة للتشـغيل

الأفقي ــ فان البرنامج السابق يصلح للحمايــة مع بعض التغيرات الطفيفة .

ب ــ المضخات الترددية Reciprocating Pumps

المضخات العاملة بالبخار يمكن حمايتهـــا بالبرنامج التالي :ــ

١ ــ تفتح جميع الفتحات وتفرغ سواء من جهة السائل او من جهة البخار .

٢ ــ تفصل جميع الانابيب وتسد فتحـات السحب والدفع وفلنجات البخار وتسد اماكـــن التفريغ .

٣ ــ يزال الغطاء من ناحية صمام دخــول السائل . وغطاء الصمام Cover plate مــن ناحية البخار Sliding valve

٤ ــ يزال الصمام من جهة السائل لكـــل اسطوانة ــ تملىء الاسطوانات بمانع مناســـب للصدأ . تملىء اسطوانات البخار من خلال فتحـة الصمام Sliding من ناحية البخار ويحرك ببطء المكبس الى الامام والـــى الخلف .

٥ ــ يستخدم مانع مناسب للصدأ في تغطيـــة جميع الصمامات وغطاءاتهـــا . يفـــرغ مانـــــع الصدأ الفائض من الاسطوانة وتسد جميع فتحـات التفريـــغ .

٦ ــ تعاد الصمامات وغطاءاتها .

٧ ــ تزال جميع الحشوات من اماكنهـــا وتغطى اوعية الحشوات والاعمدة الداخلية بواسطة سائل حماية مناسب تعـــاد الحشــــوات وتربـــط بالضـــاغطات .

مزالـــة .

٦ ــ تسد فتحات تفريغ اوعية مراكـــز الدوران وتملىء بالزيت وتسد جميع الفتحـــات في هذه الاوعية .

٧ ــ تسد جميع الفتحات وتملىء المضـــخة بكاملها بزيت خفيف ، يدار ببطء عمود دوران المضخة للتأكد من ان جميع الاسطح الداخلية قد غطيـــت بطبقة الزيت ــ نلاحظ المضخة لمدة ساعة ويعـــاد ملئها بالزيت اذا ظهر انخفاض لمستواه ــ يلاحظ ان الزيت المستعمل يجب ان يكون من نوع قليـــل اللزوجة وغير قابل للتبخر بسرعة .

٨ ــ اذا وضعت المضخة في المخزن فيســـحب الزيت من المضخة وتقفل الفتحات جيداً . أمـــا أذا بقيت المضخة في مكانها في حقل التشغيل فانـــه في الامكان ايضا تفريغها من الزيت اذا رغب فـــي ذلـــك .

٩ ــ اذا كانت مانعـــات ــ تســـرب الزيـــت من النوع المفرد فان الربط الخفيف لها قد يسمح بتسرب الزيت ولذا يجب ربطها جيداً حتى لايحدث تســـرب .

١٠ ــ يغلف عمود المضخة الخارج بواســـطة شريط بلاستيك ويجب العناية بالتغليف في منطقـــة اتصال العمود بجسم المضخة ويراعى ان التغليف قد سد جميع الفتحات .

١١ ــ تغطى جميع الاسطح الخارجة عـــن سطح المضخة بواسطة صبغ مناسب او مادة مانعـــة للصـــدأ . بالنسبة للمضخات المروحية من النوع

٨ ــ تغلف جميع الاعمدة الخارجة بواسطة شريط بلاستيك •

٩ ــ ترش او تدهن الاسطح الخارجية بواسطة مانع مناسب للصدأ •

١٠ ــ تملىء اماكن التزيت بالزيت •

جـ ــ المضخات من نوع الحقن Injection pumps

يمكن عمل الحماية للمضخات من نوع الحقن بالاستعانة بالبرنامج السابق كدليل ــ اما طرق الحماية للاجزاء الخاصة يمكن طلب المشورة لها من المختصين ــ كما يجب اعطاء عناية خاصة لمجموعة المسننات gear system في المضخة •

جـ ــ التربينات Turbines

ان سهولة التصميم للتربينات العالية السرعة تتيح برنامج للحماية سهل وفعال وانه من غير الضروري عمل تفكيك زائد او اتخاذ اجراء خاص وفيما يلي البرنامج المقترح لحماية التربينات العاملة بالبخار من النوع الافقي وببعض التعديلات او الاضافات يمكن استخدام نفس البرنامج لانواع التربينات الاخرى •

١ ــ تفتح جميع منافذ التفريغ من جسم التربينة ومن اوعية مراكز الدوران

٢ ــ تسد فلنجات الدخول والخروج

٣ ــ تسد منافذ التفريغ لجسم التربينة

٤ ــ يملىء جسم التربينة بزيت خفيف ويفتح صمام المنظمة governer عندما تمتلىء التربينة بالزيت لجعل الزيت يدخل الى الصمام •

٥ ــ تدار عجلة التربينة ببطىء حتى تتم تغطية جميع الاجزاء ــ يترك الزيت في جسم التربينة لمدة ثلاثين دقيقة على الاقل •

٦ ــ يفرغ الزيت من التربينة وتسد جميع منافذ التفريغ والفتحات

٧ ــ تملىء اوعية مراكز الدوران بشحم خفيف •

٨ ــ تسد جميع منافذ التفريغ والفتحات في اوعية مراكز الدوران

٩ ــ وكطريقة اخرى للخطوة رقم ٧ ورقم ٨ــ يمنع التسرب من اوعية مراكز الدوران على طول العمود بواسطة حشوات او مادة بلاستيكية غير متصلدة • وتملىء اوعية مراكز الدوران بواسطة زيت خفيف ملئا كاملا سواء كان هذا الزيت مانع للتآكل ام لا ويجب الفحص الدوري لمستوى الزيت • وهذه الطريقة توفر الحماية للعمود ومانعات التسرب والاسطح الداخلية وتوفر عدم فك هذه الاجزاء عند اعادة التشغيل كما في حالة ملئها بواسطة الشحم • وعندما يراد تشغيل التربينة تزال المادة البلاستيكية المانعة للتسرب من فوق العمود وتفرغ ثم تغسل اوعية مراكز الدوران ويعاد ملئها بالزيت المناسب للتشغيل والى المستوى المطلوب •

١٠ ــ يزال منظم الحركة governer

١١ ــ تغلف المجموعة الميكانيكية المحافظة لاندفاع السرعة Overspeed trip mechanism بواسطة شحم خفيف •

١٢ — تزال الحشوات من صمام المنظم ويملىء وعاء الحشوات بواسطة شحم خفيف ٠

١٣ — ترش جميع الاجزاء المتحركة والخارجة من وعاء مركز الدوران بواسطة مواد مناسبة مانعة للصدأ ٠

١٤ — يعاد وعاء المنظم ٠

١٥ — تنظف جميع الاسطح الخارجية بواسطة فرشه سلك سواء من الصبغ او من المواد المانعة للتآكل ٠

١٦ — يغلف الجزء الخارج من عمود الدوران بواسطة شريط بلاستيك ٠

اذا كانت التربينة سوف تخزن لفترة طويلة في مكان بارد او رطب فان التغليف الكامل للتربينة هو ماينصح به في هذه الحالة ٠

المبردات والمبادلات الحرارية

١ — ابراج التبريد

ان المعدن الاساسي المصمم به البرج هو الذي يحدد طريقة القياسات والفحص اللازم لعمل الحماية اثناء التوقف ٠ وحيث ان الجو المحيط اثناء التوقف يكون اقل خطورة عنه اثناء التشغيل فان وضع برنامج للحماية ليس بالامر العسير ٠ وعادة فان المعدات الميكانيكية والمنشآت المعدنية هي التي تتطلب بعض العناية ٠

وفيما يلي الطريقة المقترحة لابراج التبريد ذو السحب الميكانيكي والقاعدة الخرسانية والهيكل الخشبي :—

١ — تفتح وتفرغ جميع الانابيب ٠

٢ — تفرغ المياه من القاعدة وتغسل وتنظف ٠

٣ — يسد صمام التفريغ للقاعدة ٠

٤ — تبدل الاعضاء المتآكلة او المتشوهة من الهيكل ٠

٥ — تفحص اجزاء الربط والبراغي ويعاد ربطها جيدا ٠

٦ — يزال محرك مروحة التشغيل ويعمل له الحماية اللازمة كما ذكر بالنسبة للمعدات الكهربائية ٠

٧ — تزال مجموعة مخفض السرعات « صندوق الدشالي » كما يلي :—

أ — يفرغ الزيت من المخفض ويعاد ملئه بزيت معدني عالي اللزوجة ٠

ب — تنظف الاسطح الخارجية لوعاء المخفض وتصبغ ٠

ج — تغلف الاعمدة الخارجة بواسطة شريط بلاستيكي ٠

د — يخزن في مكان جاف دافىء ٠

٨ — تنظف مروحة التشغيل بواسطة فرشة معدنية ومواد كيمياوية ٠

٩ — يغطى مسنن (دشلي) مروحة التشغيل بواسطة شحم خفيف ثم باوراق مانعة لتسرب المياه ٠

١٠ — تصبغ مروحة التشغيل او تغطى بطبقة معدنية ٠

١١ — تثبت شرائح المروحة لمنع الدوران واضافة نقاط تحميل او ارتكاز لها ٠

في الحالات التي لايكون من المرغوب فيها أو

من الضروري أزالة أجزاء مروحة التشغيل فينصح بالاتـــي :ـــ

١ ـــ تشغيل المروحة على فترات كل ثلاثة او اربع اسابيع.

٢ ـــ تعمل لها الصيانة الوقائية العادية •

عندما تجف الاخشاب فقد تصبح ابـــراج التبريد مصدر لاشعال النار • ولذا يفضل عنـــدما يطول توقف البرج ان ترطب الاخشاب دوريا •

المبادلات الحرارية

ان الحماية المطلوبة للمبادلات الحرارية ذات الانابيب سهلة وبسيطة وفي الحقيقة هـــي امتداد بسيط للصيانة الروتينية لتنظيف الانابيب والوعاء الحاوي لها • ويتبع نفس الطريقة سواء كانـــت ميكانيكية او كيمياوية •

وفيما يلي البرنامج المقترح لحماية المبـــادلات الحرارية الانبوبية ذات الرأس العائم سواء كانت سوف تخزن او ان تبقى في مكانها بالحقل :ـــ

١ ـــ يفرغ الوعاء والانابيب للمبادلة

٢ ـــ يزال غطاء الوعاء Shell Cover وغطاء الرأس العائم Floating head cover وحلقة الربـــط Clamp ring .

٣ ـــ تنظف جيدا جميع الاجزاء وتـــزال الرواسب •

٤ ـــ ترش او تفرش جميع السطوح لغطاء الرأس العائم وحلقة الربط والاسطح الداخليـــة لغطاء الوعاء بواسطة زيت خفيف •

٥ ـــ يزال وعاء مجرى الاتصال channel وغطائه Channel cover .

٦ ـــ ينظف جيدا لازالة جميع الرواسب

٧ ـــ تغطى الاسطح الداخلية لوعاء مجرى الاتصال وغطائه بواسطة زيت خفيف

٨ ـــ تزال حزمة الانابيب للمبادلة •

٩ ـــ تنظف حزمة الانابيب ووعاء مجـــرى الاتصال كما في برنامج الصيانة العادية •

١٠ ـــ ترش الفتحات nozzles وداخل الوعاء Shell بزيت خفيف•

١١ ـــ تغطس حزمة الانابيب النظيفة فـــي حمام زيت خفيف ولفترة ٣٠ دقيقة •

١٢ ـــ يعاد تجميع المبادلة الحرارية.

١٣ ـــ تقفل جميع الفلنجات وتسد جميـــع فتحات التفريغ •

١٤ ـــ ترش جميع البراغي الخارجية بالزيت لحمايتها •

١٥ ـــ تصبغ الاسطح الخارجية •

١٦ ـــ للتوقف القصير تغطى الفلنجـــات المربوطة بواسطة طبقة كثيفة من الاوراق المانعـــة لتسرب المياه وفي حالة التوقف الطويل يكـــون التغليف بالبلاستيك اكثر فاعلية •

من المهم جدا في تنظيف المبادلات الحراريـــة ازالة جميع املاح الامونيا والتي تزيد من تآكـــل النحاس الاصفر Brass والكلوريـــدات والكبريتات والتي تزيد من احتمال تكون الشقوق في الفولاذ •

وفي حالة عدم وضع حزمة الانابيب داخـــل

وعاء المبادلة او عندما يكون برنامج الحماية لحزمة انابيب احتياطية فيجب عمل القياسات الاضافية التالية :ـ

١ ـ تربط فلنجات خشبية على نهايتي الحزمة

٢ ـ تغطى حزمة الانابيب بواسطة اوراق مانعة لتسرب المياه او تغلف بالبلاستيك ٠

٣ ـ تشد الحزمة على لوحة pallet بواسطة اشرطة strapping

مبردات الهواء الزعنفية Finned air cooler

يجب عمل الحماية لمروحة مبردة الهواء الزعنفية كما ذكر بالنسبة للمروحة في ابراج التبريد من بند رقم ٦ الى ١١ تفتح الانابيب وتنظف جيداً ويعاد غلقها ٠ بالنسبة للانابيب الحديدية يضخ فيها زيت خفيف ثم تفرغ وتسد فتحات الدخول والخروج ـ والاسطح الخارجية ترش بمادة مناسبة لمنع الصدأ ٠

الخزانات واوعية الضغط Storage tanks and pressure vessels

عموميات :ـ

تكون شدة التآكل للخزانات واوعية الضغط عادة في كل الاجزاء ولكن بدرجات مختلفة فيحدث التآكل الجوي atmospheric corrosion في الاسطح الخارجية ٠ وخطورة هذا النوع تعتمد على ظروف الرطوبة ودرجة الحرارة ونظرا لسهولة ظهور التآكل الخارجي فيمكن الحصول على قياسات دقيقة وسريعة في نفس الوقت ٠

في معظم الحالات لايمكن الكشف على التآكل الداخلي الا بعد حدوث نضوح أو بعد تنظيف السطح الداخلي تنظيفا جيدا ٠

الخزانات :ـ

من الضروري قبل الدخول الى اي خزان من اتخاذ احتياطات معينة وباختصار يجب ان يكون الخزان خالي من الغازات Freed of gas وعند وجود كبريتيد الحديد القابل للاشتعال ذاتيا او بقية من البنزين المعامل بالرصاص فيجب اتباع تعليمات السلامة بشأن هذه المواد وعندما تصدر وثيقة certificate بان الخزان اصبح خالي من الغازات والرواسب المولدة للغازات ومن المواد السامة ومعزول عن اي مصدر للمواد السامة او المولدة للغازات وان يكون جو الخزان يحتوي على نسبة كافية من الاوكسجين عندئذ يمكن فحص الخزان واخذ قراءات وقياسات للحماية ٠

كما ينصح بفحص سقف الخزان والاجزاء العلوية من خلال فتحة مناسبة قبل الدخول الى الخزان للتأكد من عدم وجود عوارض purlins سائبة او اجزاء كبيرة من القشور السائبة او اعمدة وقوائم غير متماسكة او اي شيء اخر يحتمل سقوطه ويسبب اضرار للشخص القائم بالفحص ٠ وبعد ان يصبح الخزان جاهزا للعمل داخله يجب ازالة جميع القشور وعمل الاصلاحات اللازمة كما يجب ان تجفف جميع جوانب الخزان ويمكن استعمال ساحبات الهواء لتجفيف الخزان اذا كان ذلك ضروريا ٠

والبرنامج التالي يمكن استعماله لحماية معالم انواع

الخزانات من التلف :ـ

١ ـ تغطى جميع الاسطح الداخلية بواسطة الرش او الفرشاة بواسطة زيت خفيف .

٢ ـ تسد جميع فتحات الدخول بواسطة اغطية مانعة للتسرب « حشوات » .

٣ ـ تنظف الاسطح الخارجية بواسطة فرشاة سلك او بالرمل او بمطرقة ازالة القشور .

اذا كان الخزان في منطقة معرضة للرياح والعواصف ذات السرعة العالية فيجب ملئه بماء فيه مانع للتآكل . وكقاعدة عامة في الخزان المسحوب عن الخدمة يجب فحصه سنويا .

اوعية الضغط Pressure Vessels

يجب اخذ احتياطات السلامة بكل دقة قبل الدخول لفحص اوعية الضغط وتصليحها والاهتمام بها اكثر من اي نوع اخر من المعدات نظرا للحيز المحدود والجو المحصور في معظم اوعية الضغط . وبشكل خاص يجب عزل الوعاء عن جميع مصادر السوائل والغازات او الابخرة . ويجب تفريغه وتنظيفه وتطهيره purged قبل الدخول حتى يمكننا تقليل الخطورة الى الحد الادنى من الغازات السامة ونقص الاوكسجين والمخاليط المتفجرة والكيمياويات المهيجة Irritating Chemicals ويجب ارتداء الملابس الواقية للجسم والعين للحماية من اي مخاطر وقبل البدء في الفحص واخذ قراءات من داخل الخزان يجب أخبار العاملين في المنطقة المحيطة بالوعاء ان هناك رجال يعملون بالداخل . واذا كان العمل داخل برج طويل فيجب استعمال جهاز ارسال من خلال فتحات الدخول ويكون بالخارج شخص قادر على استلام المعلومات وتسجيلها واعطاء الاسعاف الفوري او الانقاذ في الحالات الحرجة كما يمكنه المساعدة في العمل ويجب ان تكون تجهيزات الاسعاف والانقاذ قريبة من فتحات الدخول واذا كانت هناك اعمال خارج الوعاء فيجب اعلام الاشخاص الذين داخل الوعاء وذلك لحمايتهم من الخوف المفاجىء الناشيء عن سماع اصوات غير متوقعة .

بعد أن تصدر وثيقة بان الوعاء سالم للدخول والعمل يفحص من الداخل وتعمل له التصليحات اللازمة وفيما يلي البرنامج الذي يمكن استعماله لمعظم اوعية الضغط :ـ

١ ـ تغطى جميع فتحات الدخول بالحشوات

٢ ـ تقفل جميع الفتحات الاخرى جيدا .

٣ ـ يعمل اختبار الضغط للكشف عن مناطق التسرب بواسطة غاز خامل

٤ ـ تقفل فتحة دخول الغاز الخامل ويترك الوعاء مملوء بالغاز الخامل .

٥ ـ تنظف الاسطح الخارجية بواسطة فرشاة سلك أو الرمل أو مطرقة ـ تزال القشور وتغطى بطبقة مناسبة من الصبغ .

طرق أخرى لحماية الاسطح الداخلية لاوعية الضغط

١ ـ التغطية بالزيت الخفيف كما سبق ذكره في فصل الحماية الداخلية تحت بند الغطاء الزيتي .

٢ ـ الملء كما سبق ذكره في الحماية

الداخلية تحت بند الملىء

٣ ــ استعمال مواد منع التآكل في الحالة البخارية كما سبق ذكره في الحماية الداخلية

٤ ــ التجفيف كما سبق ذكره في فصل الحماية الداخلية .

الاجهزة الدقيقة Instruments

عموميات

تمثل اجهزة السيطرة نسبة لاباس بها من راس المال في تجهيزات اي منشأة . ويعتمد الى حد كبير مقدار الدقة في الاجهزة وبالتالي مقدار التحكم في العمليات الانتاجية على مدى العناية والحماية والصيانة الدورية لهذه الاجهزة .

ولحسن الحظ فان الشكل الهندسي وحجم هذه الاجهزة يساعد كثيرا على عدم الحاجة الى وضع برنامج مكلف او باهض التكاليف لحماية مثل هذه الاجهزة . والتعامل سواء مع الاجهزة الرئيسية او الاجهزة الثانوية متشابه تقريبا رغم اختلاف الاجواء المحيطة في مناطق عملهم الطبيعي .

ومن ناحية اخرى فان الاجهزة الثانوية غالبا ماتكون بعيدة عن اجواء العمل معزولة في ابنية خاصة . وفي كل الحالات يجب التعامل مع الاجهزة الرئيسية بصورة انفرادية . اما بالنسبة للاجهزة الثانوية ولكونها متجمعة في مكان واحد فيمكن التعامل معها بصورة مجموعات كما في الاجهزة الكهربائية في غرف السيطرة Control rooms وفي حالات التوقف لفترات طويلة قد ينصح بجمع الاجهزة الرئيسية والمبعثرة في غرفة خاصة خالية من الرطوبة ومحكمة الغلق .

ولغرض وضع برنامج سهل وبسيط لخطوات الحماية للاجهزة في اماكن التشغيل في حالة عدم السماح بازالة هذه الاجهزة من اماكنها يمكن استعمال البرنامج التالي لاجهزة قياس التدفق من النوع ذات الضغط الفرقي The differential pressure type pneumatic والتي تستعمل نظام النقل الهوائي لنقل القراءات الى المسجلات المستقبلة

أ ــ اجهزة قياس التدفق The flow meters

١ ــ تفصل خطوط الاتصال بين فلنجات العينة orifice وبين بطارية الضغط الفرقي

٢ ــ تسد توصيلات فلنجات العينة .

٣ ــ يملىء كل من غرفتي جسم الجهاز بواسطة زيت خفيف .

٤ ــ تسد فتحات الدخول للغرف

٥ ــ تفصل خطوط الهواء من قبل وعاء التوصيل الهوائي pneumatic transmitter housing

٦ ــ تسد فتحات دخول الهواء

٧ ــ ترش الاسطح الداخلية لوعاء التوصيل الهوائي وجميع الاجزاء الاخرى بواسطة زيت خفيف .

٨ ــ ترش او تدهن بفرشاة الاسطح الخارجية للبطارية بواسطة غطاء زيتي للحماية .

٩ ــ توضع البطارية بكاملها في حقيبة بلاستيكية وتقفل جيدا بواسطة شريط بلاستيك .

ب ـــ المسجلات المستدبلة Receiver Recorder
١ ـــ تفصل الخطرط الداخلة للغطاء الحديدي او جسم المسجل Sheet metal case
٢ ـــ تسد جميع الفتحات والمنافذ vents .
٣ ـــ تغطى جميع نقاط الاتصال الغطاء وجسم المسجل بواسطة شريط بلاستيك •
٤ ـــ يوضع بالداخل كيس صغير يحوي مادة Silica gel او اي مادة كيمياوية اخـــرى لامتصاص الرطوبة •
٥ ـــ تسد المنافذ بواسطة شريط بلاستيك •
٦ ـــ ترش الاسطح الخارجية للغطـــاء بواسطة زيت خفيف •

وكبرنامج بديل لما سبق يمكن عمل الاتي : ــ
١ ـــ يسخن داخل الغطاء case بواسطة ضوء كهربائي لمنع تكون قطرات الماء •
٢ ـــ يطرد الهواء الجوي من داخل الغطـــاء الحديدي وذلك للحفاظ على الضغط الداخلـــي الموجب للهواء المستخدم في اجهزة القياس •
٣ ـــ يغلف بالبلاستيك الوحدة ككل •

عندما تجمع الأجهزة الثانوية وتوضع فـــي منشآت معزولة عن الجو فيمكن عمل الحماية لهـــا كما نصح في فصل حماية المعدات الكهربائية •

الانابيب والصمامات وملحقاتها

تمثل الانابيب والصمامات وملحقاتها المثـــال النموذجي لذلك النوع من المعدات التي يكـــون فيها الحل الامثل لعمل الحماية سواء اثناء التشغيل او في فترات التوقف بالاختيار الاولي الموفق لنوع المعدن والغطاء وطريقة العزل • وكثيرا مايكـــون موضع الانبوب سببا في جعل برنامج الحمايـــة غير اقتصـادي او غير ممكن • وفي حالات عديدة تكون الانابيب معزولة أو مغلفة بواسطة شريط بلاستيك وذلك لحمايتها من التاكل الخارجي فيكون من الصعب فحصها وبغض النظر عن موقع الانبوب فقد يكون برنامج الحماية اثناء التوقف لفترات كبيرة مكلف وغير اقتصادي للانابيب ذات الاقطار (٢) أنج واقل من ذلك اما الانابيب الاكبر ففيما يلي البرنامـــج المقترح للحمايـــة :ـــ

١ ـــ تنظف الانابيب بالغسل Flush .
٢ ـــ تفصل الفلنجات وتفتح الصمامات عند المناطق السفلى وذلك للسماح للتفريغ الكامـــل للانابيـــب •
٣ ـــ تجفف او يمر بها زيت مانع او غـــير مانع للصدأ كما ذكر سابقا •
٤ ـــ تفحص الانابيب المعزولة أو المغطـــاة وذلك برفع الغطاء عن المناطق المتوقع فيها حدوث التآكل او التسرب •
٥ ـــ تصلح جميع المناطق المتضررة مـــن الاغطيـــة
٦ ـــ تزيت جميع الصمامات •
٧ ـــ ترش الاسطح الخارجية للصـــمامات بواسطة زيت متوسط الثقل وتشحم العجلات اليدوية والعمود المسنن hand wheels and valve stem
٨ ـــ تربط جميع توصيلات خط الانابيب •
٩ ـــ يشغل ويعاد تزييت الصمامات كل ثلاثة اشـــهر •

المعدات الكهربائية Electrical equipment

عموميات :ـ

عموما تعتمد طريقة الحماية للمعدات الكهربائية على التصميم الميكانيكي لهذه المعدات . وكثيرا ماتكون نقاط التلف والانهيار اكثر مهاجمة للاجزاء المتحركة ونقاط الربط والدعائم واعضاء التحميل . وطريقة التنظيف والحماية الواجب اتخاذها مشابهة تماما للطرق المستعملة في حماية المعدات الميكانيكية والاوعية وسوف يكون التعامل مع المعدات كوحدة متكاملة قاعدة عامة بدلا من فك الاجزاء والتعامل مع كل جزء بطرق مطولة فيما عدا المحركات الكهربائية .

ولطبيعة التجهيزات للمعدات الكهربائية قد تملي علينا الحماية في اماكن التشغيل طالما كان ذلك ممكنا سواء للمعدات التشغيلية او الاحتياطية . وغالبا ماتكون ازالة هذه المعدات من اماكن العمل وحفظها في اماكن بعيدة للتخزين مكلف وغير عملي .

المحركات الكهربائية Electric motors

نظرا لقرب المحركات الكهربائية من معدات تحريك ونقل المواد فغالبا ماتكون متعرضة لاجواء وحالات خاصة تحدد عمر المحرك ففي معظم التجهيزات تكون دائما ملاصقة لعناصر ضارة مثل ابخرة الاحماض وبخار الماء والاجواء المتربة وغبار العناصر والمواد .

وبالتاكيد فان مصممي المحركات الكهربائية قد اخذوا في نظر الاعتبار هذه الظروف ولكن لكون هذه الظروف متعددة ومختلفة الشدة فانه من غير الممكن عمل تصميمات لكل الحالات وفيما يلي البرنامج الذي ينصح به لحماية المحركات الكهربائية التي تزال من اماكن التشغيل وتوضع في مخازن خاصة .

١ ـ تستعمل فرشاة سلك مع مادة مذيبة مناسبة لتنظيف كل الاسطح الخارجية للمحرك . واذا كان المحرك يعمل في ظروف قاسية بحيث اصبحت الاسطح الخارجية مغطاة بطبقة صلدة من الرواسب فقد يكون من الضروري تنظيف المحرك من الخارج بواسطة الرمل المضغوط . وفي حالة اللجوء الى التنظيف بواسطة الرمل المضغوط Sand blasting فيجب حماية عمود المحرك بواسطة تغطيته بشريط بلاستيك او اي غطاء اخر مناسب قبل التنظيف . وفي حالة المحركات المفتوحة يجب حماية الملفات من الرمل وذلك بسد جميع الفتحات جيدا .

٢ ـ يفكك المحرك

٣ ـ تنظف جميع الاجزاء ماعدا الملفات بواسطة بخار مخلوط به مادة منظفة . تستعمل مادة مذيبة لتنظيف الملفات مثل ثالث كلوريد الاثيلين ورابع كلوريد الكربون ... الخ .

٤ ـ يطرد كل الماء الى الخارج بقدر الامكان .

٥ ـ توضع الاجزاء المفككة للمحرك في فرن وتجفف مرة اخرى

٦ ـ يفحص المحرك من ناحية وجود دائرة مغلقة shorts ويصلح اذا لزم الامر .

٧ ـ يستخدم غطاء من الورنيش العازل والذي يجف في الهواء للملفات.

٨ ـ تفحص مراكز الدوران وتبدل اذا لزم الامر وتعبأ بواسطة شحم مناسب لمراكز الدوران.

٩ ـ يعاد تجميع المحرك .

١٠ـ يغلف عمود المحرك بواسطة شريط بلاستيك وتغطى النهايات بواسطة صندوق معدني.

١١ـ يصبغ المحرك ويخزن في مكان جاف دافـىء .

بالنسبة للمحركات التي يجب حمايتها في اماكن التشغيل يمكن اتباع البرنامج التالي :ـ

١ ـ يفرغ الزيت من اوعية مراكز الدوران اذا كانت من هذا النوع

٢ ـ يزال غطاء لوحة التشغيل.

٣ ـ يوضع مسخن مستطيل strip heater داخل المحرك وقريب من الملفات وبحجم مناسب لحفظ درجة الحرارة داخل المحرك أعلى قليلا من درجة حرارة الجو لجعل المحرك جاف .

٤ ـ يعاد غطاء لوحة التشغيل.

٥ ـ تملىء تماما اوعية مراكز الدوران بالشحم .

٦ ـ تغطى لمنع التسرب الفلنجات عند دخول العمود بوعاء مركز الدوران بواسطة شريط بلاستيك وتكمل التغطية لتغليف الجزء المتطرف من العمود .

٧ ـ تسد جميع الفتحات والمنافذ.

٨ ـ تنظف الاسطح الخارجية بواسطة فرشاة سلك وتصبغ.

٩ ـ يوصل المسخن بالقوى الكهربائية عندما يكون الجو المحيط بالمحرك في مكان التشغيل ضار ويساعد على التآكل او عندما تكون القوى الكهربائية اللازمة لتشغيل المسخن غير متوفرة قد يتجه التفكير للتغليف الكامل بالبلاستيك او اي طريقة اخرى للحماية .

المحـولات

قد تحتاج المحولات ذات الطاقة المتوسطة اقل مايمكن من العناية لغرض الحماية اثناء فترات التوقف . ونظرا لطبيعة تصميمها وتركيبها فانها مقارنة بالمعدات الاخرى ضئيلة التلف . وفي العادة فان احتياجات الحماية تتركز على الاسطح الخارجية واماكن ربط القوى الكهربائية . والبرنامج التالي يمكن استخدامه سواء للمحولات التي سوف تتوقف لعدة شهور او لفترة طويلة :ـ

١ ـ تنظف اماكن الربط للقوى الكهربائية power pushings بواسطة فرشاة سلك مع استعمال مذيب مناسب .

٢ ـ تغطى الاجزاء المعدنية من هذه الاماكن بواسطة شحم خفيف .

٣ ـ تغلف هذه الاماكن بكاملها بواسطة وضعها في اكياس بلاستيك أو تغطى بواسطة شريط بلاستيك او ورق مانع لتسرب المياه .

٤ ـ ينظف السطح الخارجي لخزان حفظ الزيت اذا كان مستعملا ـ ويفحص للتأكد من عدم وجود تسرب .

٥ — يركب مزيل لرطوبة الجو ذو حجـــم صغير small air dehumidifier من خلال فتحـــة التنفيس breather او التهوية Ventilator

٦ — تفحص جميع السمامات وفتحـــات التفريغ للتأكد من انها متفوله ولاتوجد تسربات .

٧ — تنظف جميع الاسطح الخارجية وتغطى بصبغ مناسب . واذا كان المحول غير مركـــب وموضوع كاحتياطي واحتمال ان تطول فترة التوقف فيمكن التفكير في التغليف بالبلاستيك .

لوحات التشغيل

غالبا ماتكون لوحات التشغيل ذات الحجـــم الكبير داخل كابينة مصنعة من الالواح المعدنيـــة Sheet metal cabinets والتي توفر الحمايـــة للاجهزة والاجزاء الكهربائية مـــن اي عناصـــر خارجية وفي كثير من التجهيزات الكهربائية يكـــون هناك كابينة او وعاء ثانوي داخل الكابينة الرئيسية او الخارجية بالاضافة الى حماية الاجهزة الضرورية واجهزة التحكم داخل الوعائين او الكابينتين . هذه الاغطية المزدوجة تكون كافية لتوفير معظم الحماية اللازمة ولاكمال الحماية المتوفرة في التصـــــميم الاصلي يكفي وضع مسخن مستطيلداخل الكابينة المعدنية الخارجية للمحافظة على جفاف الجـــو الداخلي ثم تنظف الاسطح الخارجية وتصبغ . اذا كانت القوة الكهربائية غير متوفرة لتشغيل المسخن يمكن استعمال المجففات الكيمياوية .

بالنسبة للوحات التشغيل الصـــغيرة وازرار التشغيل push buttons والناقلات Relays وقاطعات الدائرة الكهربائية Circuit breakers الخ يمكن حمايتها بوضعها في اكياس بلاستيك او تغلف بالبلاستيك اذا كان ذلك اقتصاديا .

وكثيرا مايكون برنامج الصيانة الاعتيادية من حيث التنظيف والصبغ والفحص الدوري كافيا كما يمكن تحسين البرنامج الاخير بحيث يشمل وضـــع كميات صغيرة من المجففات الكيمياوية في الاوعيـــة المختلفـــة .

في المعامل الكبيرة وعندما تكون معـــدات السيطرة الكهربائية داخل ابنية او انشاءات خاصة يمكن عمل الحماية بصورة اكثر فاعلية وذلك بالتحكم في الجو المحيط بالاجهزة وجعله خالي من الغازات والابخرة التي تسبب التآكل وكطريقة فعالـــة واقتصادية يمكن استعمال وحدات التبريد وازالة الرطوبة . وكطريقة اخرى كثيرا ما يستعمل مروحة تهوية تركب بحيث تعطي ضغط موجب داخل البناء مع وضع مرشح Filter ومزيل للرطوبـــة من جهة السحب للمروحة .

ان فائدة الضغط القليل داخل البناء هـــو لمنع دخول الهواء الخارجي وبذلك نستطيع حماية الاجهزة .

الافران والمداخن Fired heater and stacks

عند توقف هذه الانواع من المعدات يجـــب فحص الاجزاء القابلة للتلف وهي في الغالب الالواح الحديدية الخارجية والمعدات الاخرى . ولاداعي لاعطاء اهميةلحمايةالحيطان المبنيةبالطابوق او القاعدة الخرسانية والمواد العازلة حيث يمكن فحصها قبل

البدء بالتشغيل وعمل التصليحات اللازمة الا اذا كانت بعض هذه الاجزاء متضررة وهناك احتمال سقوط او اضعاف الهيكل فيجب تصليحها فورا .

الافـران

أ ــ رؤوس الانابيب والغلاف

جميع الاجزاء المعدنية المغطاة بالصبغ يجب ان تعامل بنفس طريقة المنشآت الحديدية . فتغطى المفاصل hinges ورؤوس الانابيب وفتحات الفحص peepholes والابواب الاضافية بطبقة كثيفة من الشحم لحمايتها . اما الفتحات والثقوب والتي يمكن ان تتعرض للتآكل نتيجة لتسرب مياه الامطار او الرطوبة فيجب سدها باوراق مانعة لتسرب المياه .

ب ــ المشاعل Burness

يعتمد التعامل مع هذا النوع من المعدات حسب النوع المستعمل فبعض منها يتطلب عناية اكثر من الاخر وعامة تغطى الاجزاء المتحركة بطبقة كثيفة من الشحم لحماية اسنان البراغي واماكن الضبط adjusting mechanisms .

ج ــ القنوات Breeching and Ducts

اذا كانت هذه المعدات مطلية بصبغ مقاوم للحرارة فيجب فحصها واعادة طلاء المناطق المتأثرة كما هو معمول به في الفحص الدوري . اما اذا كانت القنوات غير مصبوغة فتنظف الاسطح الخارجية جيدا بواسطة فرشاة سلك من جميع المواد السائبة والمترسبة ثم ترش بمادة مانعة للصدأ . وقد يستدعى الامر تكرار هذه العملية بين فترة واخرى خلال مدة التوقف . ومع ذلك فقد يكون التشغيل اكثر اقتصاديا حيث تحترق هذه المواد عند اعادة التشغيل .

بالنسبة للاسطح الداخلية اذا كانت غير معزولة او مبطنة فيجب تنظيفها من اي ترسبات او مواد متكثفة ويجب الملاحظة والتأكد من ان الاسطح الداخلية لم تمتص رطوبة اثناء فترة التوقف .

اما مجموعة التشغيل operating mechanisms فيجب تغطيتها بطبقة كثيفة من الشحم لضمان اعادة تشغيلها بسهولة ويسر .

د ــ الاجهزة الدقيقة Instruments

العناية بالاجهزة مثل مقاييس السحب draft gages ومبينات ثاني اوكسيد الكربون Carbon dioxide indicators وصمامات التحكم للوقود Fuel Control Valves ومؤشرات اللهب Flame monitors تعتمد على نوع الخدمة ومدى تعقيد المجموعة الميكانيكية .

والاجهزة مثل مقاييس السحب يجب فصلها تماما ووضعها في كيس بلاستيك ــ اما الاجهزة الاكثر تعقيدا يجب معاملتها مثلما ذكر في فصل حماية الاجهزة .

كما يجب اعطاء عناية خاصة لصمامات قفل الوقود الاوتوماتيكية Automatic fuel shutoff ويمكن تحقيق ذلك بواسطة ازالة الغطاء ورش جميع الاجزاء بواسطة زيت خفيف . ثم اعادة الغطاء وبعد ذلك تعزل Scaling او تغلف Cocooning

كما يجب ايضا عزل باب الفحص في اسفل جسم الفـــرن •

هـ ــ الانابيـــب Tubes

يجب تنظيف جميع الانابيب جيدا من الداخل ثم تسد رؤوس الانابيب •

المداخن الحديدية Steel stacks

اذا لوحظ من الفحص الخارجي ان الصـــبغ متضرر في بعض المناطق فيجب اعادة صبغها وعمل برنامج دوري للصبغ • اما بالنسبة للمناطق المحتمل تكثف بخار الماء عليها مثل خطوط اللحام والأرجل والدعائم وماشابه ذلك فيجب صبغها حتى اذا كانت حالة المدخنة جيدة ولاتحتاج الى صبغ •

بالنسبة للسلالم من أي نوع يجب فحصـــها بعناية واعادة صبغها دوريا •

المنشآت الحديدية Structural Steel

جميع الاجزاء الحديديةمثل الاعمدةوالدعائم والممرات والمسطحات وماشابه ذلك تكون معرضة للتآكـــل الجوي وفي اغلب الحالات لايكون الامر خطـــيرا ولايحتاج الى عناية خاصة ويعتمد ذلك على ظروف المناخ والجو المحيط ونظرا لان هذه الاجزاء لاتكون تحت الاشراف المستمر فلذلك يفضل صـــبغها باستمرار وكاجراء روتيني عند توقف الوحدات • ايضا يفضل عمل فحص دوري بالعين المجـــردة وتقرير ما اذا كانت الوحدات تحتاج الى برنامـــج دوري للصبغ • وبالطبع يراعى تحضير السـطح للصبغ قبل القيام بهذه العملية •

تعالج هذه الفقرة المشاكل الرئيسية للتآكل في مصفى الدورة ــ والحلول والاجراءات التي اتخذت بشأن معالجتها او التقليل من تأثيراتها وبطبيعة الحال فان هذه المشاكل مرتبطة بالظروف التشغيلية المصفى من حيث طبيعة النفط الخام القادم من كركوك ومواصفات وتصميم المعدات المستعملة وظروف التشغيل من حيث الضغوط ودرجات الحرارة وكذلك مناخ وجو المصفى • كما وان بعض الحلول المعروضة تعتبر حلول وقتية لحين الاهتداء الى الحل المناسب • وقد لاتعتبر بعض المعالجات معالجات مثالية لعدم توفر بعض المواد الضرورية •

① ــ تآكل المنطقة العلوية من ابراج التصفية الرئيسية مع منظومة الغازات المكثفة الخارجة من اعلى الابراج (Main Columns)

لقد لوحظ ان هذه المنطقة من الابراج ــ حوالي ١٠ صواني 10-Trays العلوية ــ تعاني من التآكل التكاثفي أو التآكل الذي يحدث في درجات الحرارة المنخفضة حوالي ١٨٠°ف ويكون بشكل حفر وتنقرات بصورة غير منتظمة وخاصة في المناطق الكائنة فوق مسند الصواني حيث يكون التآكل سريعا •

الاسباب :ــ

يعتقد ان السبب الرئيسي للتآكل في هذه المنطقة هو تكون حامض الهيدروكلوريك HCL نتيجة تفاعل املاح الكلوريدات الموجودة في النفط الخام بنسبة ٠٫٠٥٦ جزء بالمليون مع بخار الماء والماء المذاب في ظروف الضغط ودرجات الحرارة للبرج •

العلاج :ــ

لقد عولجت هذه الحالة بعمل تبطين Lining لاعلى البرج بالواح المونيل سمك١/٨ انج مع استعمال مادة مانعة للتآكل من نوع Nalco 165 AC تقوم بعمل طبقة رقيقة عازلة على سطح المعدن Protective film تمنع اتصال المعدن بالمادة وتحقن بنسبة ٢ جزء بالمليون في اعلى البرج • ايضا حقنت مادة قاعدية من نوع Nalco 192 لمعادلة الحوامض المتكونة وبنسبة ٩ جزء بالمليون تقريبا • وامكن التحكم في معدل التآكل واعطت نتائج مرضية • كذلك تجري دراسة لتبديل حزم المكثفات Condensers وجدران Shells هذه المكثفات الى معدن المونيل الذي يقاوم هذا النوع من التآكل •

② ــ تآكل انابيب افران التصفية

لقد حدثت عدة توقفات اضطرارية من جراء النضوحات الحادثة في انابيب افران التصفية وقد لوحظ ان التآكل يكون عادة بصورة موضعية Localized attack وفي منطقة لاتتجاوز مساحتها من ١ الى ٢ انج مربع وتكون محدودة في محلات جلوس الانابيب على المساند كما ان هذه الخاصية بارزة في الصفوف الاربعة السفلى من أنابيب الحمل Convection .

الاسباب :ــ

هذا النوع من التآكل يحدث في درجات الحرارة العليا فوق ٥٠٠ْ ف ولكون المنطقة المتأثرة مجاورة للمساند فهناك احتمال كبير لتكون خلية كلفانية بين نقطة المسند التي تكون اكثر حرارة نسبيا فتصبح القطب الموجب وبين الانبوب الذي يصبح القطب السالب وكنتيجة للتفاعل الكهروكيمياوي يتآكل القطب الموجب ويحدث النضوح في منطقة المسند .

العلاج : ـــ

لقد كان منطقيا التفكير في ابطال مفعول الدائرة الكلفانية وذلك بعزل الانبوب عن المسند بعازل مناسب يتحمل درجات الحرارة العالية مثل الاسبستوس ــ غير ان تصميم الفرن وطريقة وضع الانابيب داخل المساند حال دون ذلك ولذا اتجه التفكير في اضافة مادة قاعدية للنفط الخام Caustic Soda بنسبة (٨ــ٩) جزء بالمليون مع عمل برنامج دوري لتبديل الانابيب في هذه المنطقة بين كل سنتين او ثلاثة حسب نتائج الفحص وقد اعطت هذه الحلول نتائج مرضية وامكن السيطرة على التوقفات الفجائية . كما تم تبديل قسم كبير من انابيب الافران في منطقة الحمل Convection بــ ٥٪ كروم و٠٫٥٪ موليبدنيوم الذي درجة مقاومته لهذا النوع من التآكل اكثر من الحديد الاعتيادي .

(٣) ــ التآكل في الخزانات

يتأثر قاع الخزان وكذلك السطح العلوي للخزان من الداخل فتظهر في هذه المناطق قشور الصدا ويقل سمك المعدن Thinning الى ان يظهر النضوح .

الاسباب :ــ

هذا النوع من التآكل يشابه التآكل الجوي من حيث ظروفه وشكله ويعتقد ان اسبابه نتيجة بخار الماء المختلط مع بخار المادة والمتكثف على اعلى الخزان والمياه المتكثفة في اسفل الخزان حيث ان التآكل لا يظهر في منطقة الجدار الوسطية .

العلاج :ــ

يمكن تغطية هذه الاماكن بمادة بلاستيكية تعزل المياه وبخار الماء عن سطح المعدن ولو ان هذه الطريقة غير مستعملة بعد . الا انه تم عمل تبطين Lining لبعض الخزانات في اماكن النضوح بواسطة الواح من الحديد الاعتيادي التي اعطت نتائج طيبة .

(٤) ــ التآكل في مبردات البروبان في قسم الدهون

Stress Corrosion Cracking in propane Condensers in Lube plant.

لقد لوحظ نضوح انابيب بعض المبادلات الحرارية في وحدة ازالة الاسفلت ووحدة ازالة الشمع مثل المبادلات E-403, E-206 & E-205 نتيجة ظهور تشققات في هذه الانابيب المصنوعة من معدن admiralty brass .

الاسباب :ـ

عند دراسة هذه الظاهرة وجد ان الماء المكثف الداخل للمبادلة مع البروبان حامضي جدا pH = 2.4 to 2.9

كما اظهر الفحص المجهري لعينات من الانابيب وجود تشققات على حدود مجاميع البلورات Inter granular مما يرجح تواجد الظروف المواتية لعملية التآكل الجهدي Stress Corrosion cracking phenomenon ويعتقد ان وجود الاجهادات داخل الانابيب قد يكون متبقي من اثناء عمليات التصنيع .

العلاج :ـ

ان العلاج المثالي لمثل هذه الحالة هو استعمال حزم للمبادلات مصنوعة من سبائك خاصة ذات مقاومة عالية للتآكل مثل معدن Incoloy غير انه يجب ذكر ان استعمال مثل هذا النوع غالي الثمن ومكلف . وكعلاج لهذه الحالة فيجب استعمال مانع للتآكل Corrosion Inhibitor لمعادلة الحموضة الموجودة في خط البروبان .

⑤ ـ التآكل في درجات الحرارة العالية

لقد لوحظ تآكل الجزء الاسفل من ابراج التصفية الرئيسية والتي تشتغل بدرجة حرارة تفوق الى ٤٥٠ درجة فهرنهايتية ومسافة مقدارها ثلاث صواني فوق منطقة دخول النفط الخام المسخن .

ويكون التآكل في هذه المنطقة بشكل تنقر عميق عام ومنتشر على امتداد السطح .

العـلاج :ـ

ان سبب هذا النوع من التآكل هو وجود مركبات الكبريت مع النفط الخام والعناصر الاساسية المسببة لهذا التآكل هو غاز كبريتيد الهايدروجين ومادة الماركابتين . وان النظرية الحديثة لهذا النوع من التآكل هي انه عند تسخين النفط الخام تتحول المواد الكبريتية الى غاز كبريتيد الهايدروجين بحالة طلقة نتيجة التجزئة بوجود عامل مساعد Catalytic breakdown وتقاس نسبة قابلية التآكل للنفط الخام بمقدار كمية غاز كبريتيد الهايدروجين الطلق . H_2S

الاسباب :ـ

لقد دلت بعض البحوث بأن اضافة عنصر الكروم يقلل من كمية سرعة هذا النوع من التآكل وعلى هذا الاساس فقد تم تبطين الجزء المتآكل في الجزء السفلي من برج التجزئة الرئيسي بسبيكة تقاوم التآكل في درجات الحرارة العالية وتحتوي هذه السبيكة على عنصر الكروم بمقدار ١١ الى ١٣٪ مع ٥ر٠٪ من عنصر المولبدنيوم وبمقدار ثلاثة صواني فوق منطقة دخول النفط الخام Flash Zone كما وقد تم اضافة الصودا الكاوية الى النفط الخام بنسبة (٨ـ٩) جزء بالمليون لمعادلة الحموضة الموجودة في النفط الخام التي تؤدي الى هذا النوع من التآكل وقد ادى الى تقليل سرعة التآكل بمقادير محسوسة .

⑥ ـ التآكل في افران الـ P.D.A.

أ ـ فرن الـ P.D.A. القديم

لقد لوحظ تآكل انابيب الفرن في وحـــدة P.D.A. القديمة وكان التاكل على شكل اخـاديد عميقة Grooving Corrosion من السطح الخارجي للانبوب •

الاسباب :ــ

يعتقد ان سبب التآكل هو ازدياد نسبةالكبريت في الوقود المستخدم في الافران مما سبب تآكل خارجي على سطح الانبوب من مخلفات الوقــود كما ان الانابيب المستعملة من الحديد الاعتيـادي C.S. غير مناسبة لظروف التشغيل •

العلاج :ــ

لقد امكن التغلب على هذه المشكلة بتبديــل الانبوب الحلزوني Coil بسبيكة من ٥٪ كروم كما وقد تم تبديل الوقود من زيت الوقود الى غاز الوقود الذي يحتوي على نسبة قليلة من الكبريت ولا يترك مخلفات على سطوح الانابيب •

ب ـــ التآكل في انابيب الفرن O2-H1 في وحـــدة الـــ P.D.A. الجديدة

بعد تشغيل هذه الوحدة بفترة قصيرة حدث نضوح في احد انابيب الفرن وكان نتيجة تآكـــل داخلي من قبل مزيج من البروبان والاسـفلت وقد تكررت هذه الحادثة ثلاث مرات ممـا يـدل علـى شدة التآكل في انابيب هذا الفرن •

الاسباب :ــ

ان سبيكة الانابيب التي كانت تحتوي على ٥ر٢٪ كروم غير ملائمة حيث انها تعرضـت لتآكل شديد من قبل المادة في الظروف التشغيلية وبعد فترة قصيرة •

العلاج :ــ

تم التغلب على هذه المشكلة بتبديل جميـــع الانابيب الى سبيكة اكثر مقاومة تحتوي على ٥٪ كروم و ٥ر٠٪ مولبدنيوم •

(٧) ـــ التآكل في وحدة الفرفرال

مذا النوع من التآكل يحدث في درجــــات الحرارة المنخفضة وتتأثر به المعدات عموما مثـــل المبادلات والمكثفات والانابيب والاوعية ويظهـــر التآكل بصورة تنقر عام •

الاسباب :ــ

عند اختلاط الماء المكثف من البخار بمــادة الفرفرال يصبح الخليط في الحالة السائلة ذو تأثير فعال على تآكل المعدات وذلك لتكون خلية كلفانية بمســاعدة الاوكسجين المذاب ـــ ايضـــا يحدث التآكل الميكانيكي Erosion في مناطق المنحنيات bends والنوزلات Nozzles .

العلاج :ــ

استخدم مانع للتآكل Octa Film Inhibitor في خط البخار الرئيسي كما استبدلت بعض الانابيب المصنوعة من الصلب باخرى من الصلب المضـــاف اليه ٥٪ كروم و ٥ر٠٪ مولبدنيوم •

٨ ـ التآكل في منطقة Prefractionator في وحدة تحسين البنزين Powerformer

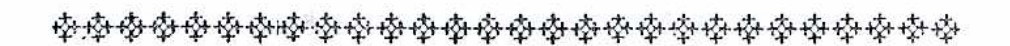
لقد لوحظ التآكل في اجهزة وحدة تحسين البنزين في منطقة Prefractionator والحاوية على مادة النفثا الثقيلة ـ وكان التآكل في مناطق درجات الحرارة المنخفضة مما سبب تبطين البرج الرئيسي وتبديل معظم الانابيب ، وكذلك تبديل وعاء المادة المكثفة O/H Drum . Overhead

الاسباب :ـ

يحدث هذا النوع من التآكل في درجات الحرارة المنخفضة نتيجة لتكثف العناصر المسببة للتآكل (عادة غاز كلوريد الهايدروجين او كبريتيد الهايدروجين) الموجود مع الابخرة الهيدروكربونية مكونا حامض الهايدروكلوريك مع بخار الماء .

العلاج :ـ

استخدمت مادتين مانعة للتآكل احداهما مادة Nalco 193 التي تعادل الحموضة في النفثا واضيفت بنسبة (١٠) جزء بالمليون تقريبا وذلك حسب قراءة الـ PH . اما المادة الثانية فكانت Nalco 165 AC بنسبة (٥ـ١٠) جزء بالمليون وذلك حسب نسبة الحديد في المادة الخارجة من المنظومة . هذه المادة الثانية تكون فلم واقي داخل الانابيب والاوعية يمنع اتصال المعدن بالنفثا .



الفصل الثاني

أجهزه وطرق الفحص

الفصل الثاني — اجهزة وطرق الفحص

اولا — الفحص البصري —

ثانيا — الفحص المطرقي .

ثالثا — الفحص بالذبذبات فوق الصوتية .

رابعا — الفحص باشعة X وكاما .

خامسا — الفحص بالمحاليل النافذة .

سادسا — الفحص المغناطيسي

سابعا — الفحص المجهري .

ثامنا — الفحص المتلف والاختبارات الميكانيكية .

تاسعا — الفحص المتلف — حدوده وقدراته .

اولا ــ الفحص البصري ــ

ان اول وأهم اداة في الكشف عن التآكل هي العين المجردة خاصة اذا كانت ذات خبرة طويلة في هذا النوع من الفحص ٠

ان الفحص البصري يدلنا على ما يلي :

١ ــ فيما اذا كان الجهاز يحتاج الى تنظيف اكثر لتسهيل عملية الفحص ٠

٢ ــ نوع العطب او التآكل في الجهاز ٠ فمثلا اذا كان تآكلا موضعيا ، تعرية ، تغير في الشكل تشقق ٠٠ الخ ٠٠

٣ ــ ما هي الاجهزة والادوات الممكن استعمالها لتدقيق الفحص ٠

الادوات اليدوية البسيطة

وهذه الادوات تساعد الفحص البصري على تعيين مناطق التآكل :

١ ــ القاشطة : عبارة عن اداة تشبه السكين لقشط الاوساخ والطبقات المغطية للمعدن ٠

٢ ــ مطرقة مدببة صغيرة : وهذه تستعمل لتنظيف الحفر من الاوساخ ولمعرفة عمق الحفرة بالضبط ٠

اعداد المهندس / بدري صالح جاسم

٣ ــ مرآة صغيرة عاكسة : توجد عدة احجام ٠ عادة تكون المرآة موصلة بقضيب مرن ليمكن ادخالها الى السطوح المخفية عن العين ٠

٤ ــ مكبرات بعدة احجام لمشاهدة التشققات السطحية والفقاعات الهوائية ٠

٥ ــ مصابيح يدوية : ان الاضاءة الجيدة ضرورية جدا لتمكين التمعن في سطح المعدن وللكشف عن التآكل في المناطق الضيقة والمخفية وخاصة داخل الاوعية والابراج التشغيلية المظلمة ٠

٦ ــ جهاز فحص الانابيب من الداخل Endoscope وهو عبارة عن انبوب صغير طوله (٦) اقدام يحتوي في نهايته على مصباح صغير للاضاءة وتدخل هذه النهاية في داخل الانبوب المراد مشاهدته ٠ من الجهة الثانية يوجد ناظور يمكن بواسطته مشاهدة المناطق التي يضيئها المصباح ٠ يستعمل هذا الجهاز لمشاهدة داخل انابيب الافران ليوضح وجود حفر او اي نوع من التآكل ٠

بواسطة المطرقة التي وزنها يقارب (١٨) أونس وذات مواصفات ثابتة يمكن الكشف على الانابيب الحديدية ونستطيع تكوين فكرة تقريبية عن سمك وقوة الانبوب عند سماع صوت طـــرق الانبوب حيث ان الحديد السميك يحدث صوتا يختلف عـــن الحديد الرقيق •

احيانا تستعمل المطرقة لمعرفة مدى تحمـــل المعدن حيث يطرق بشدة ويلاحظ اثر الضربـــــة ، فالمناطق قليلة السمك تلين تحت الضربة وتتركاثرا شـــبيها بالنجمة ، اما المناطق القوية فـــلا تتأثر •

يجب عدم طرق انابيب السبائك الكرومية لان الطرق يعرضها لجهد لا يمكن التخلص منــــه الا بالحرارة • كذلك لاتستعمل هذه الطريقة على انابيب الفولاذ لكونها رقيقة السمك عادة •

تفحص بالمطرقة ايضا الفوهات الخارجة من الاوعية (النوزلات) والموصلات الصغيرة nipples وانابيب حزم المبادلات الحرارية •

من الصعب توضيح كيفية اجراء الفحـــص المطرقي لان هذا الفحص يعتمد على خبرة المفتش وعلى مدى تحمسه لنوع الصوت الصـــادر من المعدن •

عند طرق انابيب فيها ترسبات داخلية فـــان هذه الترسبات ستعطي صوتا مختلفـــا قد تؤدي بالمفتش الى الخطأ • اضافة الى ما ورد اعلاه يجب عدم طرق الانابيب المبطنة بالسيراميك والانابيـــب الحاوية على القواعد لان الطرق يسبب ظاهـــرة التشقق الجهدي فيها وكذلك المعادن سهلة التهشم مثل الحديد الصب •

بالرغم من تحديدات هذه الطريقة فانها تستعمل بصورة شائعة كما ذكرنا للانابيب الحديدية وتعتبر طريقة سريعة ومرضية • في حالة تكون شك عنـــد طرق منطقة ما يجب استعمال جهاز الذبذبات فوق الصوتية لقياس السمك في تلك المنطقة •

ثالثا :

الفحص بالموجات فوق الصوتية

اعداد المهندسين :
زاهر شاكر السلمان
أرشد محمد علي
علي احمد مصطفى حماد

١ ــ الصــوت

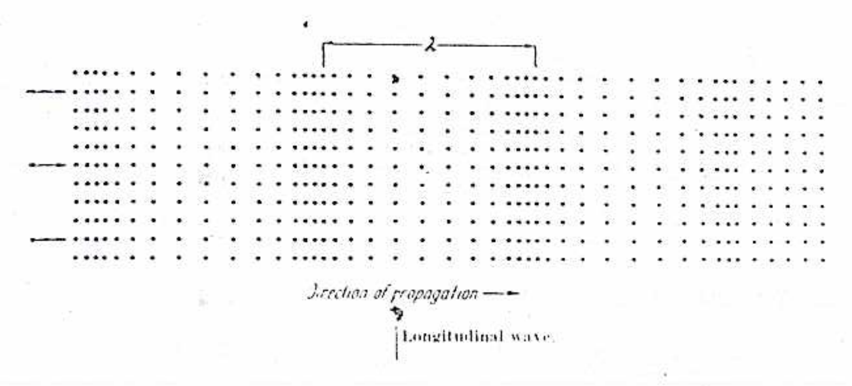
يصدر الصوت نتيجة اهتزازات ميكانيكيـــة لوسط ما • ويعرف التردد بعدد الذبذبات الصادرة عن الوسط في الثانية ويسمى احيانا Hertz ويستطيع الانسان سماع الصوت اذا كان تـردده Frequency في حـــدود ٢٠ الى ١٦٠٠٠ ذبذبة في الثانية ، والموجات الصوتية ذات التـردد ٢٠٫٠٠٠ ذبذبة بالثانية او اكثر اي التي لا يمكـن ســماعها تسمى بالموجات فوق الصوتية ومع تطور العلم وظهور اجهزة حديثة اصبح بالامكان تـوليد موجات فوق صوتية بترددات عالية تصل الـــى ١٠٠٠ مليون ذبذبة بالثانية ، واقصر الموجات فوق الصوتية تنطبق عليها بعض خواص الموجــــات الضوئية مثل الانكسار والانعكاس •

١ ــ ١ طرق انتقال الصوت

تنتقل الموجات الصوتية سواء المســموعة او غير المسموعة بثلاث حالات مختلفة :

أ ــ موجات تضاغطية او طولية

يمكن ان تنتقل الموجات الصوتية بهذه الحالة سواء في المواد الصلبة او السائلة او الغازية الـى الامام من مصدر الصوت خلال الوســط ولكون الصوت طاقة ميكانيكية ، فينتقل عن طريق مناطق تخلخــل ومناطق انضغاط لجزيئات الوســـط كما بالشكل رقم (١١) •



شكل رقم (١١)

ب ــ موجات مستعرضة

ينتقل الصوت بهذه الحالة في المواد الصلبة فقط عن طريق تذبذب جزيئات الوسط الى اعلــى والى اسفل عمودي على اتجاه انتقال الموجة ، كما هي الحالة في انتقال الموجات على سطح البحـــر كما بالشـــكل رقـــم (١٢) •

λ

Transverse wave.

شكل رقم (١٢) .

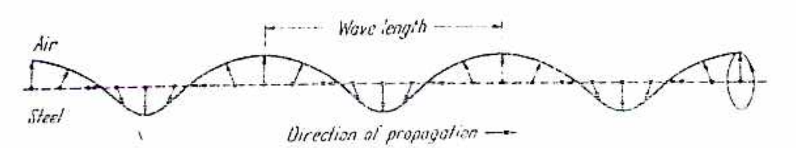
تنعكس الى المصدر عندما تكون هناك جزيئات معدن حجمها اكبر من $\frac{\lambda}{2}$

والجدول ادناه يبين لنا المواد وسرعة الموجات الصوتية فيها :

المعدن	سرعة الموجات التضاغطية ويرمز لها C_L متر/الثانية	سرعة الموجات المستعرضة ويرمزلها C_T متر/الثانية
حديد	٥٩٠٠	٣٢٣٠
المنيوم	٦٣٢٠	٣١٣٠
الهواء	٣٣٠	صفر
الماء	١٤٨٣	صفر
الرصاص	٢١٦٠	٧٠٠
البراص	٤٣٧٢	٢١٠٠
بيرسبكس	٢٧٣٠	١٣٢٠

ج — موجات سطحية

ينتقل الصوت بهذه الحالة على سـطح الاجسام بعمق يساوي طول موجي واحد وتذبذب جزيئات سطح الوسط في حركة دائرية في اتجاه انتقال الموجة كما بالشكل رقم (١٣) .



Surface wave on steel; on the right, oscillation ellipse of a particle and sense of rotation (calculated according to [20], ratio of axes 0.44 : 1).

شكل رقم (١٣)

٢ — ٣ سرعة الموجات الصوتية

تنتقل الموجات الصوتية خلال المواد بسرعة تحتسب بالمعادلة التالية :

$$C = f.\lambda$$

حيث ان :

f = عدد الذبذبات في الثانية

λ = طول الموجة بالمليمتر

C = سرعة الموجات الصوتية ملم/ثانية

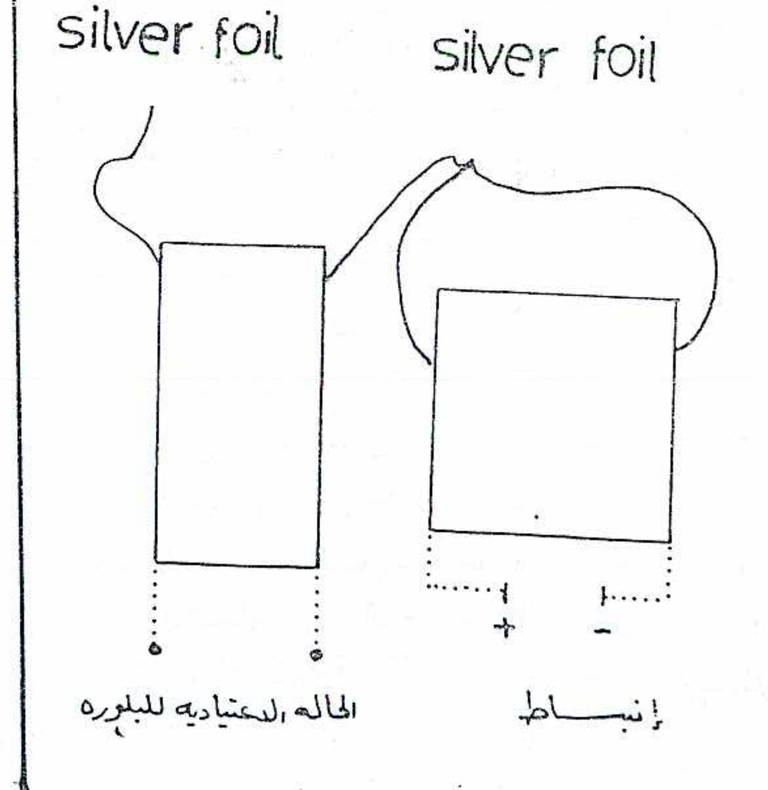
هنا يجب ان نعلم ان الموجات فوق الصوتية

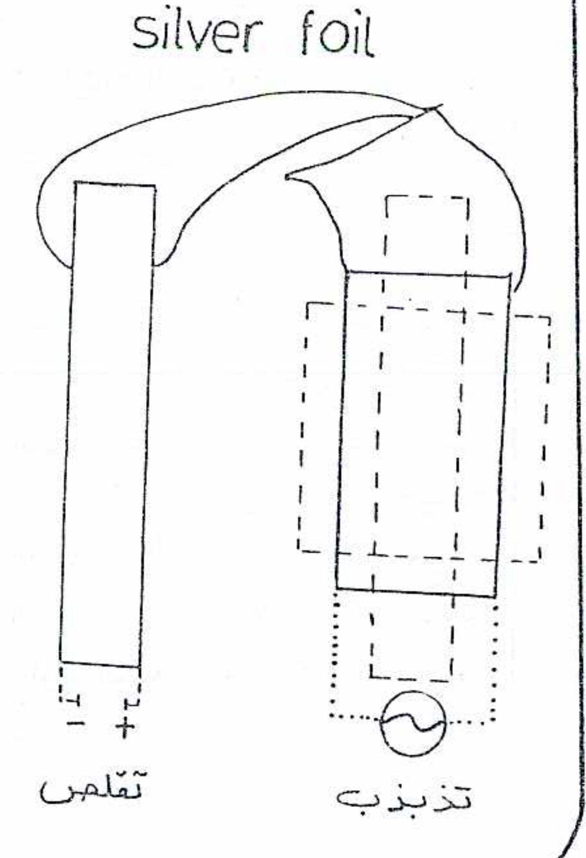
١ ـ ٣ ظاهرة البيزوالكهربائية

لقد وجدت هذه الخاصية لبعض البلـورات مثل بلورات الكوارتز SiO_2 وبلورات مـلح روشيل وبلورات تيتانيت TiO_3 الزنـك او الرصاص ، فعند تسليط فرق جهد متغير علـى هذه البلورات نجد انها تتذبذب حسـب تذبذب الموجات الكهربائية المسلطة مولدة موجـات فوق صوتية وبالعكس عندما تصطدم بها موجات صوتية تحولها الى موجات كهربائية اي انها قـادرة على تحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة ميكانيكيـة وبالعكس ، وتذبذب البلـورة ناتـج عن تقلص وانبساط البلورة كما هو موضح بالشكل رقم (١٤)٠

وكما هـو معـروف في علـم البلورات Crystallography توجد محاور او اتجاهات رئيسية لتكون البلورة ، ولقد وجد بالنسـبة للبلورات التي لها خاصية البيزوالكهربائيـة ان خواص الذبذبات الصادرة عنها تتأثر باتجاه قطـع البلورة من محور الى اخر ٠ فمثلا لو قطعت البلورة في اتجاه محور السينات تكون الذبذبات الصـادرة عبارة عن موجات تضاغطية ، اما اذا قطعت في اتجاه محور الصادرات تكون الذبذبات الصادرة عبارة عن موجات مستعرضة ، كما ان تردد الذبذبات الصادرة من البلورة يتناسب تناسبا عكسيا مع سمكها ٠

PIEZO ELECTRIC EFFECT





٢ — أجهزة الفحص بالموجات فوق الصوتية

لقد تم الاستفادة من ظاهرة البيزوالكهربائية ومن خواص الموجات فوق الصوتية لتصميم اجهزة فحص لقياس سمك المعدن او الكشف عن العيوب الداخلية الناجمة اثناء التصنيع او اللحام . وتنحصر الفائدة الرئيسية لاستعمال هذه الاجهزة وتفضل على اجهزة قياس السمك التقليدية كالميكروميتر والفيرنير في انه بالامكان قياس سمك اي وعاء من جهة واحدة فقط ولذا شاع استعمالها . وكما يمكن اجراء الفحص اثناء اشتغال الوحدات .

٢ — ١ أنواع الاجهزة

أ — جهاز كاشف عيوب المعادن Ultrasonic Flaw Detector يحتوي على شاشة انبوب اشعة المهبط Cathode ray tube, وهو من ادق انواع الاجهزة يمكن بواسطته تحديد عيوب اللحام بدقة اضافة الى استعماله لقياس سمك المعادن ولكونه ثقيل الوزن وحساس جدا فتفضل اجهزة قياس مقدار التآكل corrometers لقياس سمك الانابيب والاوعية في مصافي النفط .

ب — اجهزة قياس مقدار التآكل corrometers وتستعمل لقياس سمك المعادن فقط اما بواسطة مؤشر او بواسطة ارقام ضوئية digital تمتاز هذه الاجهزة بكونها صغيرة الحجم خفيفة الوزن سهلة التشغيل وهي شائعة الاستعمال في قياس سمك جدران الأوعية والانابيب في مصافي النفط .

تتلخص فكرة عمل الاجهزة فوق الصوتية بانواعها بتحويل الموجات الكهربائية التي يرسلها الجهاز بواسطة المجس probe الى اهتزازات ميكانيكية لها نفس خواص الموجات الصوتية ولكنها ذات تردد عالي جدا ولها خاصية الانتقال خلال الاجسام الصلبة والسائلة بخطوط مستقيمة والانعكاس عند ارتطامها بسطح يختلف بالكثافة عن السطح المنتقلة خلاله راجعة بنفس مسارها الى المجس probe الذي يعمل كمستقبل للموجة والذي يحولها الى موجة كهربائية تنتقل الى الجهاز وتظهر كاشارة على شاشة انبوب اشعة المهبط C.R.T. لاجهزة كاشف العيوب flaw detector او انحراف المؤشر للاجهزة الاخرى .

٢ — ٢ مكونات الاجهزة

يتكون جهاز الفحص عامة من جزئين رئيسيين هما المجس — وهو عبارة عن جهاز الارسال والاستقبال للموجات الصوتية ويحتوي اساسا على بلورة الكوارتز — والجزء الثاني هو جسم الجهاز وهو عبارة عن جهاز الكتروني يعمل على البطارية او الكهرباء مثبت فيه انبوب اشعة المهبط او مؤشر قياس السمك حسب نوع الجهاز ونظرا لكون سرعة انتقال الموجات الصوتية داخل المعادن معروفة فان الجهاز يقيس وقت انتقال الموجات ويحوله بصورة أوتوماتيكية الى مسافة والتي هي عبارة عن سمك المعدن .

٢ ـ ٢ ـ ١ المجس

بعد قطع البلورة يطلى وجهيها بواسطة مواد موصلة للكهرباء ثم توضع في غلاف معدنـــي او بلاستيكي لحمايتها من المؤثرات الخارجية والشكل رقم (١٥) يوضح احد المجسات مـن النــوع الاعتيادي المغطى •

a ـ البلورة

b ـ الغلاف الخارجي لحماية المجس

c ـ طبقة سميكة من المطاط تعمل عـلى امتصاص الموجات المتجهة الى الاعلى •

d ـ سلك كهربائي لتوصيل الكهرباء مـن البلورة الى الجهاز •

e ـ بلـك

شكل رقـم (١٥)

وتنقسم المجسات الى اربعة انواع رئيسية:

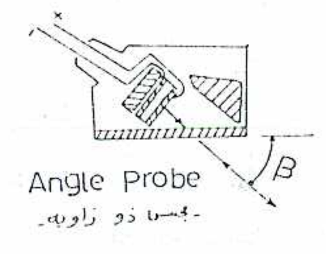
١ ـ المجسات الاعتيادية Normal probes

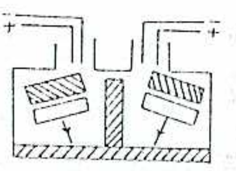
٢ ـ المجسات التوأمية Twin probes

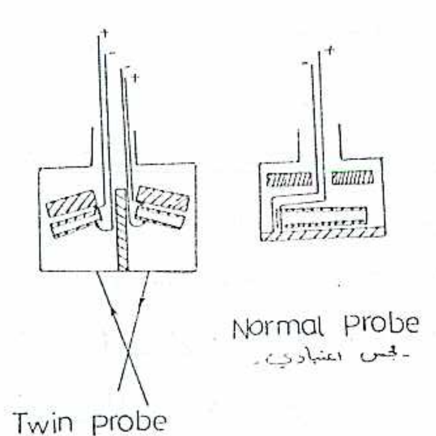
٣ ـ المجسات ذات الزوايا Angle probes

٤ ـ المجسات ذات الزوايا التوأمية Twin angle probes

والشكل رقم (١٦) يوضح هذه الانواع



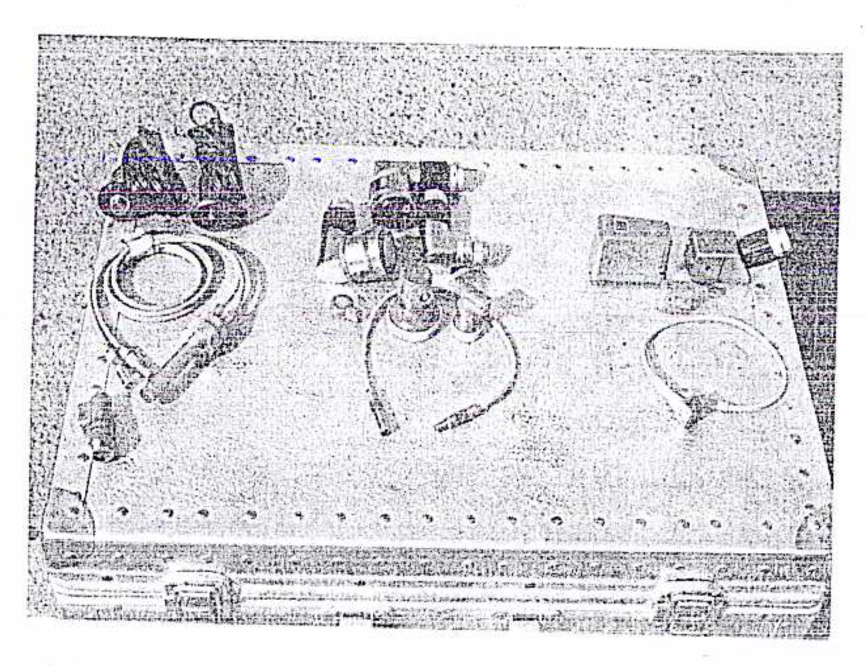




شكل رقم (١٦)

والشكل رقم (١٧) يوضــــح بعض انواع المجسات المتوفرة في شعبة التفتيش فعلى يمــين الصورة بعض انواع المجسات ذات الزواياوالوسط بعض انواع المجسات الاعتيادية ويسار الصورة لبعض انواع المجسات المزدوجة ٠

العمق depth range وذلك عن طريق منـخـم يعمل عادةبين ٥ر٠ الى ١٢ ميجاهرتز wide band amplifier . ويمكننا من فحص مسافة الى حد ٥ أمتار في الحديد ، ويوجد منظم الكسب gain الذي يمكننا من اضافة طاقة تصل الى حـــد ٨٠

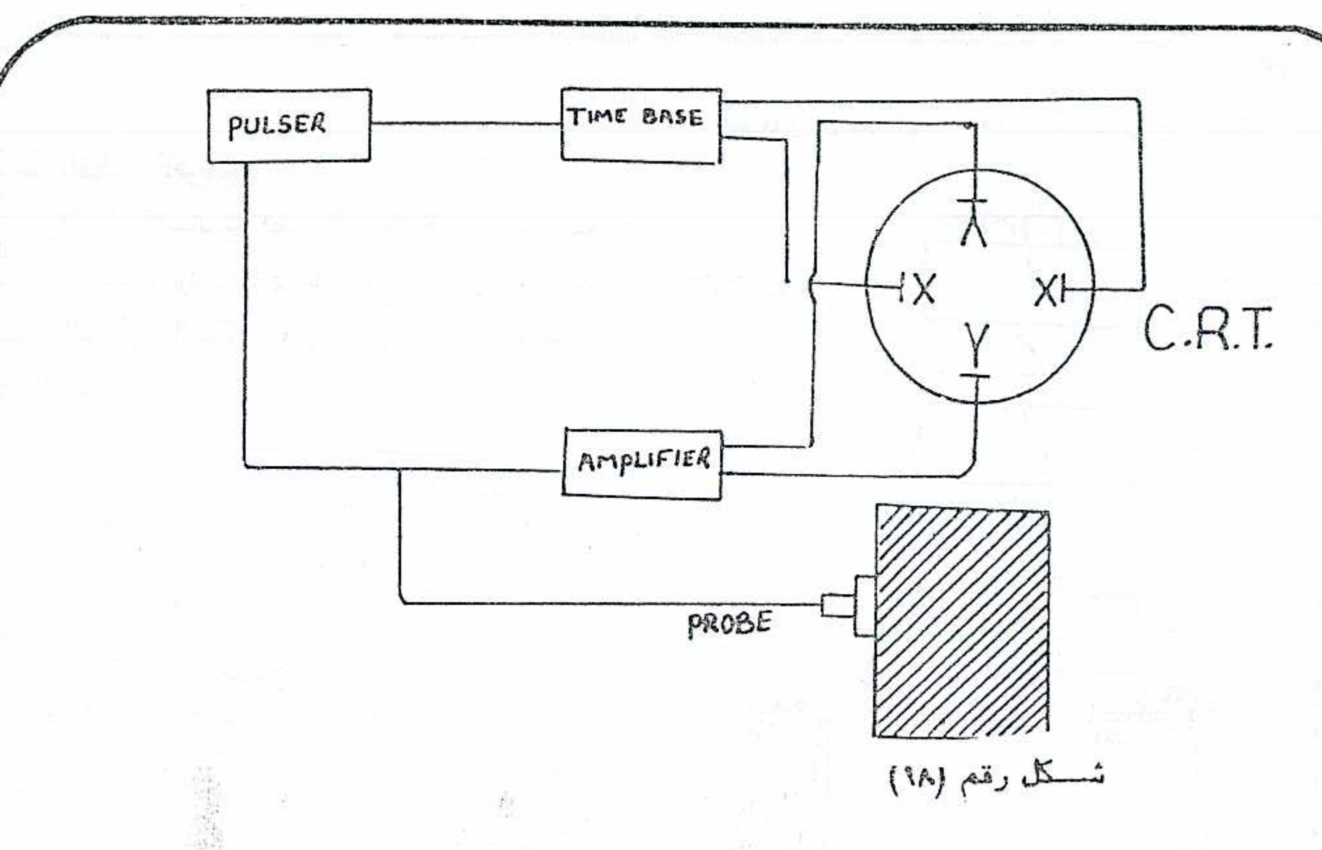


شكل رقم (١٧)

٢ ـ ٢ ـ ٢ ـ جسم الجهاز

شكل رقم (١٨) يوضح مخطط لمكونات الجهاز بصورة عامة ، ففي داخل الجهاز يوجـد النابض pulser يقوم بارسال صدمات كهربائيـــة الى بلورة المجس وكذلك يحتوي الجهاز علـى انبوب اشعة المهبط او مقياس لاستقبال الموجات المرتدة من عينة الفحص وكذلك منظمات للتحكم فـي مدى

ديســبل لتوضيح الطاقة الراجعة على شــاشـة انبوب اشعة المهبط اذا كانت ضعيفة وكذلك يوجد منظم الاخماد ووظيفته ازالة الموجات الصـــوتية المتداخلة للظهور على الشاشة ، كما توجد منظمات الضبط الأفقي والانحراف الزمني والانحـــراف الرأسي وغير ذلك حسب نوعية الجهاز ودقته ٠



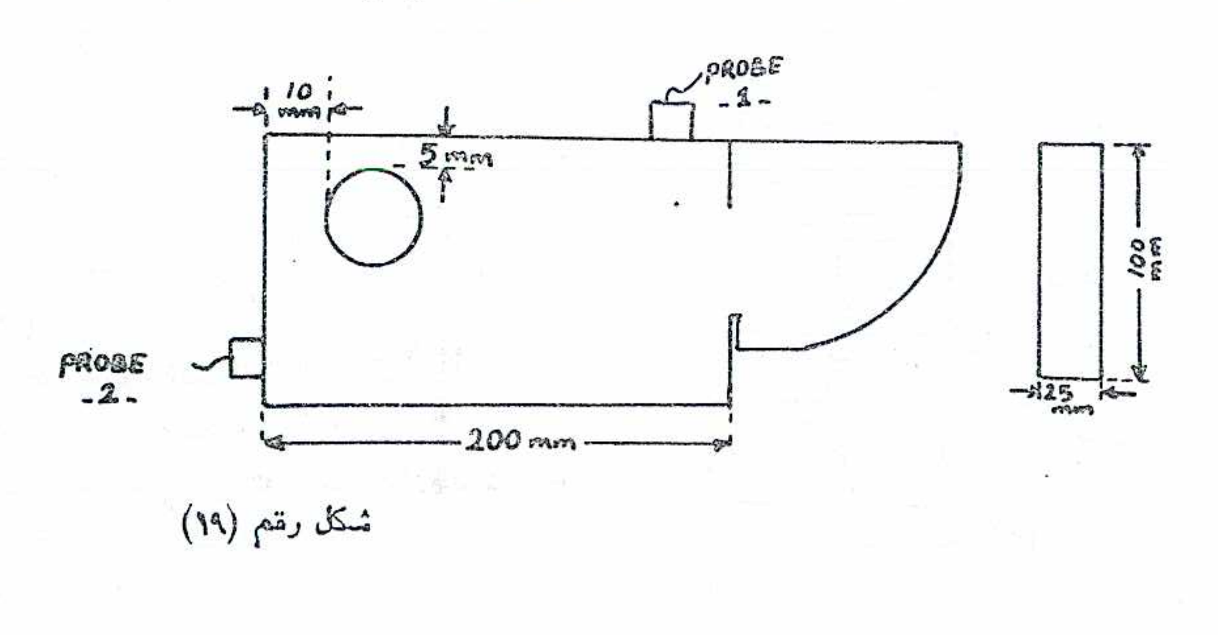
شـكل رقم (١٨)

الشكل رقم (١٩) لقطعة حديدية VI Block معتمدة من قبل النظام البريطاني وهي مصممـة ومصنوعة بدقة جيدة .

٢ ـ ٢ ـ ٣ ـ القطع القياسية

هنالك قطع قياسية لتعيير المجسات والشاشة وأهمها القطعتين القياسيتين التاليتين :

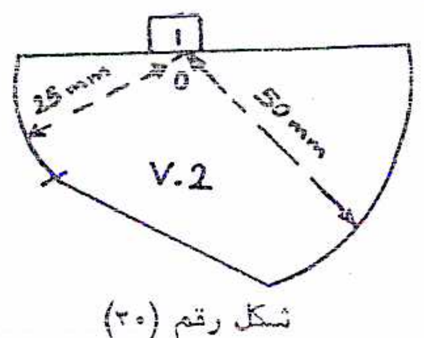
أ ـ القطعة القياسية VI Block



شكل رقم (١٩)

ب ــ القطعة القياسية V2 Block

والميزة الاساسية لهذه القطعة انها خفيفة وصغيرة الحجم وتستعمل غالبا مع الجهاز عند فحص اللحام والشكل رقم (٢٠) يوضح قياسات هذه القطعة .



شكل رقم (٢٠)

٣ ــ عمل الاجهزة

بالامكان توضيح عمل الاجهزة بالاشكال التالية :

١ ــ تخرج الموجات الصوتية من المجس الى داخل المعدن (شكل رقم ٢١ــأ)

٢ ــ .... لتنعكس من السطح الاسفل للجدار .... (شكل رقم ٢١ ــ ب)

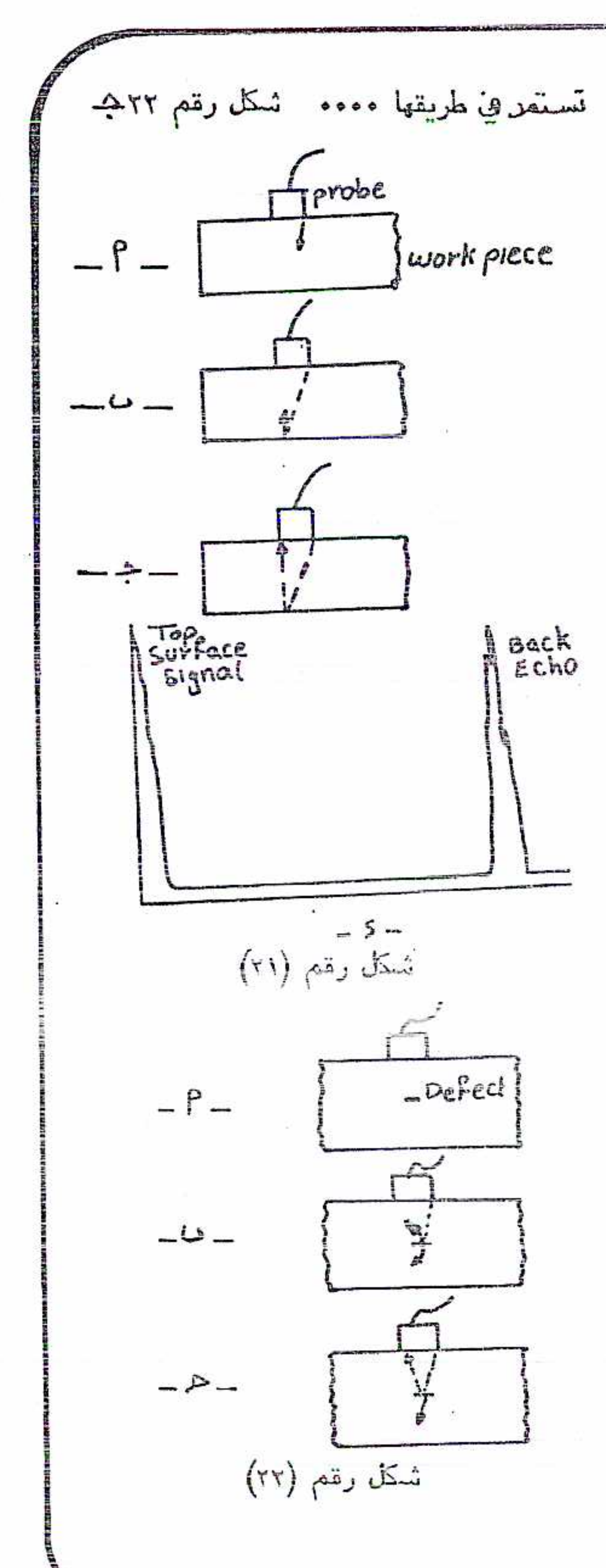
٣ ــ .... راجعة الى المجس .... (شكل رقم ٢١ ــ ج)

٤ ــ ... ومظهرة اشارة على شاشة C.R.T. على مسافة تتناسب وسمك الجدار (شكل رقم ٢١ ــ د)

٥ــأ في حالة وجود تشقق او عيب اخر داخل الجدار .... (شكل رقم ٢٢ــأ)

٥ ــ ب .... بعض الموجات تنعكس من التشقق .... (شكل رقم ٢٢ ــ ب)

٥ ــ ج ــ .... راجعة الى المجس والاخرى تستمر في طريقها .... شكل رقم ٢٢ج



شكل رقم (٢١)

شكل رقم (٢٢)

٥ ــ د •••• لتنعكس من السطح الأسفل للجدار (شكل رقم ٢٢ ــ د)

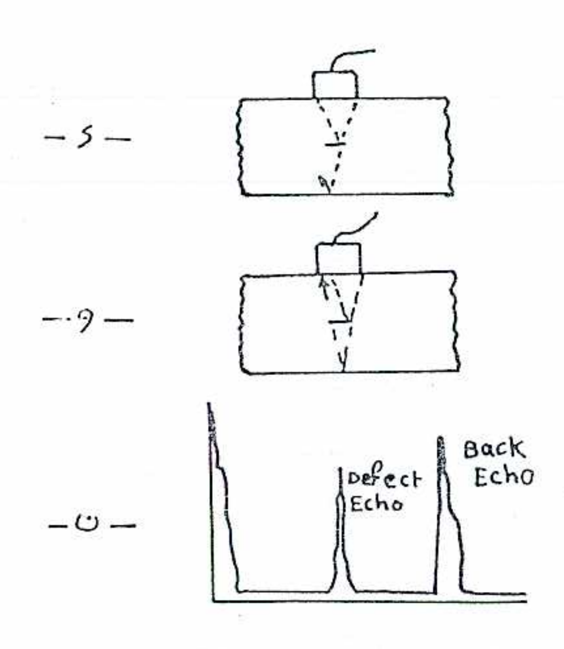
٥ ــ و •••• راجعة الى المجس بعد وقت متأخر (شكل رقم ٢٢ ــ هـ)

٥ ــ ن ــ •••• لتظهر أشارات على .C.R.T للجهاز ، الاشارة الاولى تعطي التشقق من السطح الاعلى اما الاشارة الاخرى فتعطي سمك الجدار • (شكل رقم ٢٢ــن)

٤ــ١ تعيير الاجهزة

لغرض قياس سمك المعادن بدقة ينبغي تعيير الجهاز او شاشة انبوب اشعة المهبط .C.R.T على احدى القطع القياسية (تطلب القطع القياسية مع الاجهزة) كما انه لغرض الاستعمالات غير الدقيقة بالامكان تصنيع قطع ذات ابعاد معروفة لاستخدامها لتعيير الاجهزة لاغراض قياس السمك فقط • اما في حالة استعمال الاجهزة للكشف عن عيوب اللحام فينبغي تعييرها على القطع القياسية المزودة مع الاجهزة •

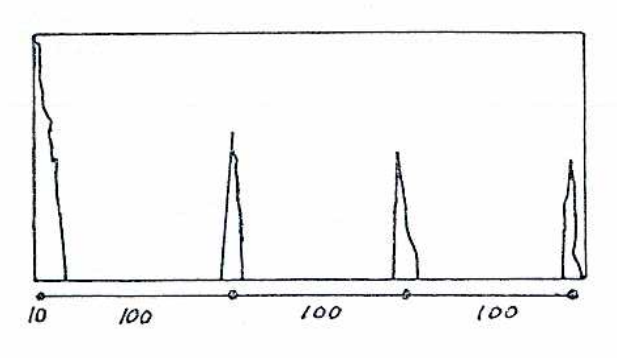
٤ــ١ تعيير مقياس الشاشة



(شكل رقم ٢٢ ــ ن)

أ ــ باستعمال القطعة القياسية VI

اذا اردنا ان نعير الشاشة على مقياس ٣٠٠ ملم بمجس اعتيادي وجب علينا ان نضع المجس على سطح القطعة VI كما في الشكل رقم (١٩) ونضع رقم (١) وننظم الشاشة بحيث يظهر الرسم كما بالشكل رقم (٢٣) •

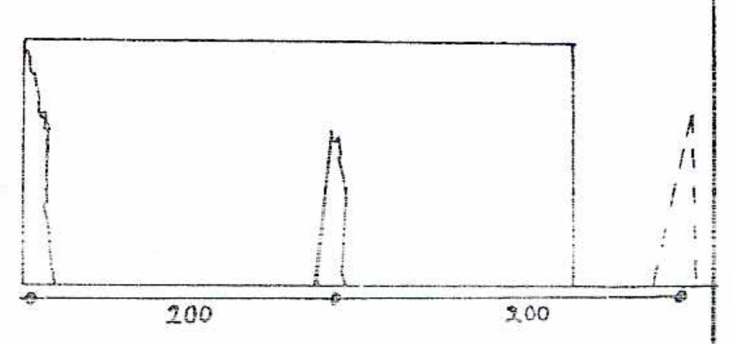


شكل رقم (٢٣)

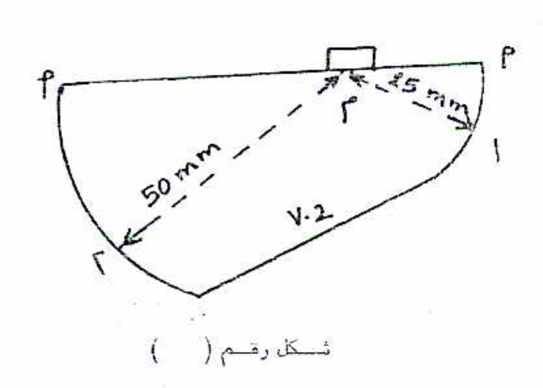
ولاجل التأكد بأن القياس صحيح نضـــع المجس على الوضـــع رقم ـ٢ـ شكل رقم (١٩) وعندها يجب ان تظهر الشاشة كما بالشكل رقـــم (٢٤) •

وبنفس الطريقة يمكن تعيير الجهاز لضبـــط قياس الشاشة حسب الطول المراد •

ب ـ باستعمال القطعة القياسية V2



شكل رقم (٢٤)

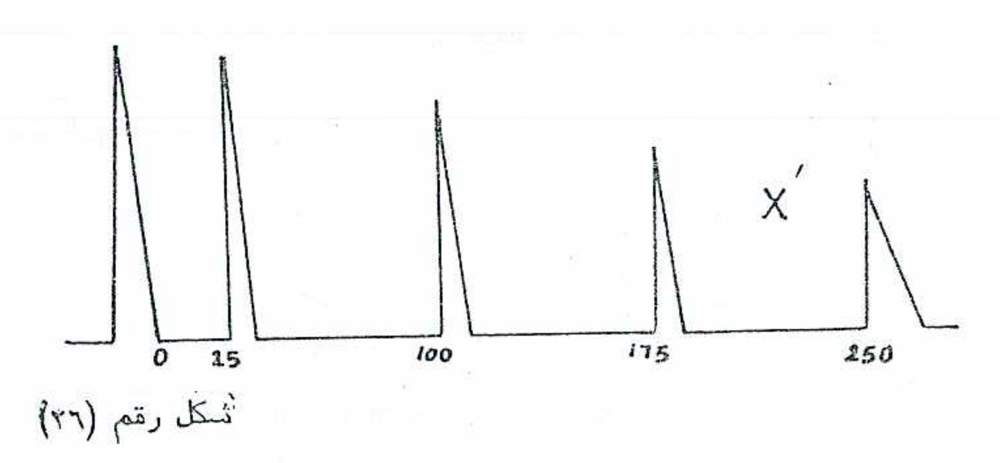


شكل رقم (   )

عند وضع مركز الانطلاق لمجس ذو زاويـــة على مركز القطعة القياسية V2 كما بالشـــكل (٢٥) تنظم شاشة الجهاز بحيث تكـــون الاشـــارة الاولى للموجة الراجعة back wall echo على بعد ٢٥ ملم ، والثانية يجب ان تظهر على بعد ١٠٠ ملم ، والثالثة على بعد ١٧٥ ملم وهكـــــذا وتفسير ذلك ان الموجة الاولى قطعت المسافة من م الى النقطة (١) ذهابا وايابا وهي ٢٥ ملم امـــا الاشارات التالية فتمثل انعكاسات الموجاتالمتشتتة من الموجة الاولى على السطح أـــأ والتـــي تقطع المسافة من م الى النقطة (٢) ثم من م الى النقطة (١) ذهابا وايابا وهي ٧٥ ملم والشكل رقم (٢٦) يوضح مظهر الاشارات على الشاشة •

ملاحظة : (١)

الموجة المنعكسة من النقطة (٢) لاتظهر اشارة على شاشة الجهاز حيث انها لاتدخل الـــى



شكل رقم (٢٦)

بلورة المجس لأختلاف زاوية السقوط مع زاوية البلورة ، ولكنها تنعكس على السطح أ ـ أ متخذة المسار من (م) الى النقطة (١) لترجع مرة أخرى الى المجس من أتجاه عمودي على سطح البلورة فتظهر اشارتها على الشاشة بعد ان تكون قطعت مسافة ٧٥ ملم او مضاعفاتها .

ملاحظة :ـ (٢)

اذا عكس وضع المجس بحيث ان الموجة المرتدة الاولى ترتد من النقطة (٢) بدلا من النقطة (١) ، فان مظهر الاشارات على الشاشة يكون على بعد ٥٠ ملم للاشارة الاولى ثم ١٢٥ ملم للثانية ٢٠٠ ملم وهكذا .

٤ـ٢ تعيين نقطة انطلاق الموجات لمجس مسة

غالبا ماتكون نقطة انطلاق الموجات مؤشرة بعلامة على منتصف المجس ولكن بمرور الزمن تتغير هذه النقطة الى اليمين او اليسار قليلا ويجب تغييرها كما لايجب استعمال المجس اذا اختلفت نقطة الانطلاق باكثر من ± ٢ ملم

٤ـ٢ـ١ تعيين نقطة انطلاق لمجس ذو زاوية باستعمال القطعة القياسية V1

يوضع مركز المجس التقريبي او المؤشر على المجس على العلامة الموجودة على القطعة V1 كما في الشكل (٢٧) ثم يحرك المجس الى اليمين واليسار ونشاهد الاشارة على شاشة الجهاز ونحاول ايجاد الوضع الذي يعطي اعلى ارتفاع للاشارة ـ عند ذلك نضع علامة على المجس على أمتداد علامة القطعة V1 وتكون هذه هي نقطة الانطلاق المطلوبة .



13.

PROBE FACTORS

VI TEST BLOCK

1. FINDING THE EMISSION (INDEX) POINT

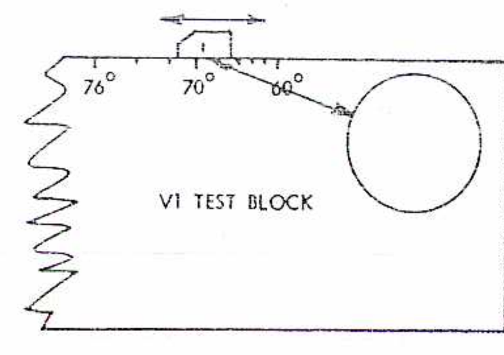
شـــكل رقـــم (٢٧)

٤ـ٣ـ التعرف على زاوية مجس ذو زاويـــة

احيانا يفقد المجس اشارة زاويته ويختلـــط الامر ـ لذا يجب تعيير زاوية المجس على القطعة VI كما يلي : نحاول الحصول على اكبر ارتفاع للاشارة من الزوايا المطبوعة على القطعـــة على ان يكون مسار الموجة متجه الى قطعـــــة البيرسبكس في الشكل (٢٨) ـ ثم نقرأ قيمة الزاوية المقابلة لنقطة الانطلاق في المجس •

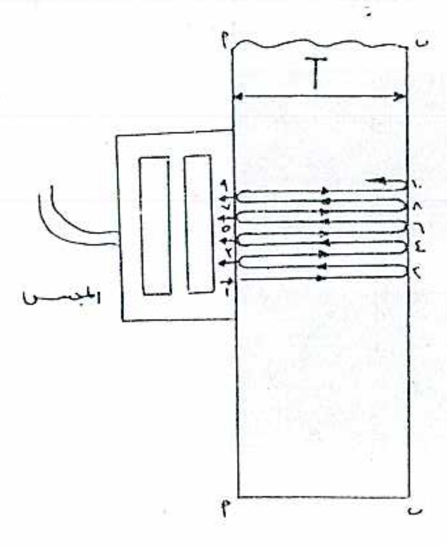
٥ ـ العلاقة بين الخواص الفيزياوية للموجات الصوتية الخارجة من المجس ومظهر الشاشة

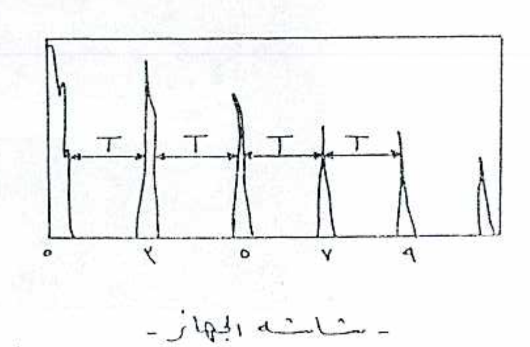
الشكل رقم (٢٩) يوضح هذه العلاقـــة • فالاشارةالاولى على الشاشة تمثلالموجة المرتدةبعد قطعها المسار ١ـ٢ـ٣ والاشارة الثانية تمثـــل الموجة المرتدة بعد قطعها المسافة ١ـ٢ـ٣ـ٤ـ٥ •••• وهكذا اي ان الاشارة تظهر بعد مسار كامل يبدأ من السطح أـ أ ثم يعود اليه بعد انعكاسه من السطح ب ـ ب او مضاعفات هـذا المسـار نظرا للانعكاسات التي تحدث ايضا على السطـح أ ـ أ •



2. FINDING THE PROBE ANGLE

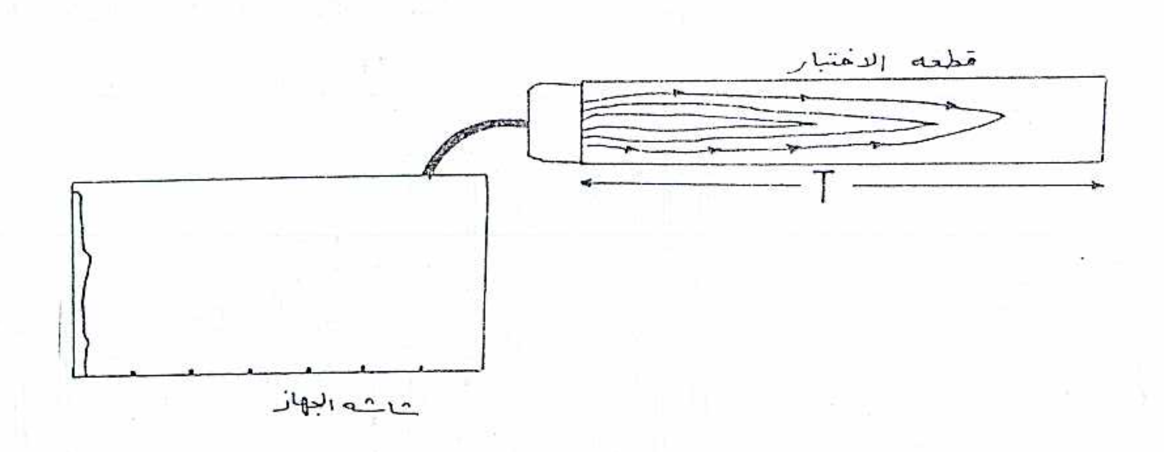
شـــكل رقم (٢٨)



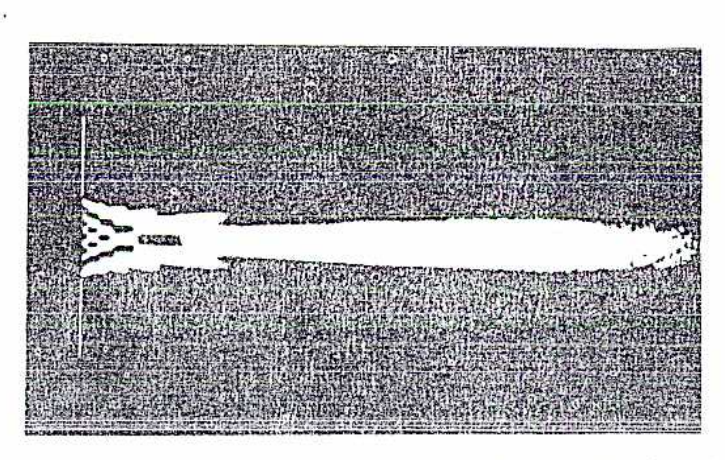


شكل رقم (٢٩)

ومن الطبيعي اذا كان سمك قطعة الأختبار اكبر من قدرة الجهاز او بمعنى اخر تتلاشى المرجات الصوتية قبل وصولها الى السطح (ب ــ ب) فاننا لانلاحظ اي اشارة على شاشة الجهاز كما بالشكل (٣٠)



شكل رقم (٣٠)



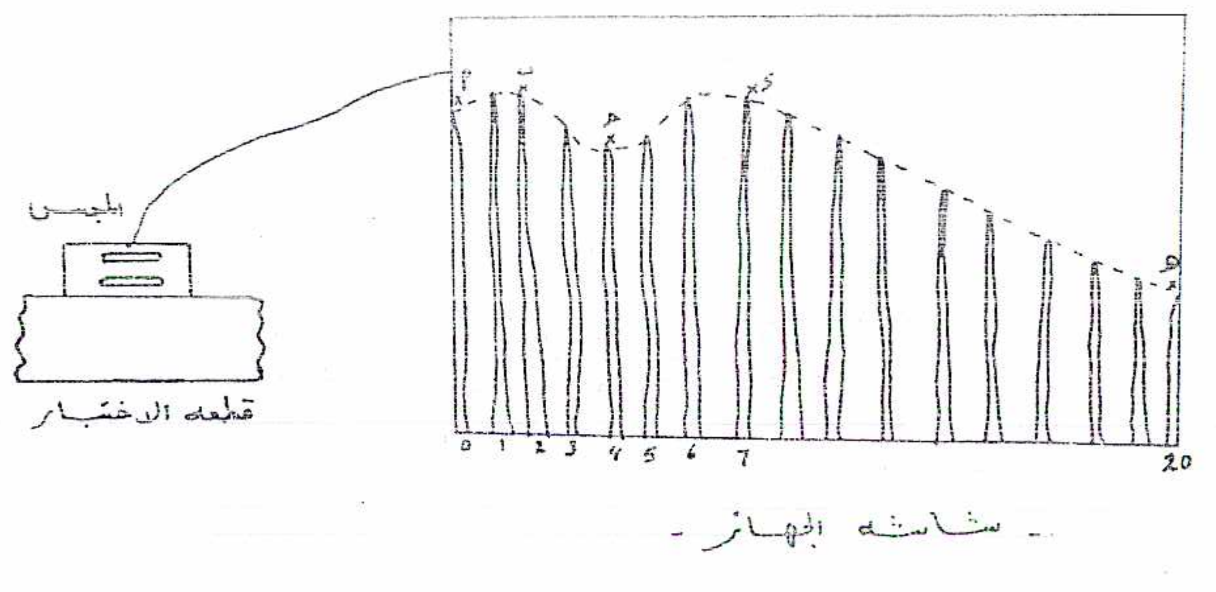
Sound field in front of an oscillator with d/λ 6.7

شكل رقم (٣١)

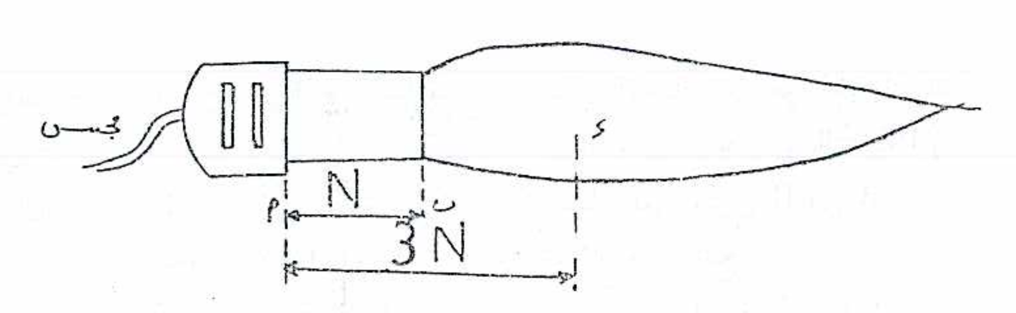
٥-١ تلاشي الموجات الصوتية

يمكن تمثيل شكل الطاقة الصادرة من مجس بالشكل رقم (٣١)

ونلاحظ في هذا الشكل ان طاقة الموجة غير منتظمة ، فاذا ادخلنا مجموعة من الاشارات الى الشاشة ولنفرض ان عددها ٢٠ اشارة وان كل اشارة تمثل سمك القطعة فان رؤوس الاشارات سوف تتخذ شكلا كما في الشكل (٣٢) (الخط المتقطع) وذلك بسبب تلاشي طاقتها وهذا التلاشي المنتظم نجده ينطبق فقط على المنطقة من النقطة (د) الى النقطة (م) .



شكل رقم (٣٢)



شكل رقم ٣٣

بينما نجد ان طاقة الموجة الداخلة في المعدن تزداد في المنطقة من النقطة (أ) الى النقطة (ب) ثم تقل تدريجيا في المنطقة من النقطة (ب) الى النقطة (ج) ومن ثم تزداد في المنطقة من النقطة (ج) الى النقطة (د) بعد ذلك تقل بصورة منتظمة في المنطقة من النقطة (د) الى النقطة (هـ) مكونة خطا مستقيما تقريبا والسبب يعود هنا الى ان الموجة تكون هي الاخرى بعد خروجها من المجس موجات اخرى تكون طاقتها اكبر من طاقة ما قبلها وعلى الاطراف اكبر من طاقة المركز وهكذا . ويمكن حساب طول هذه المسافة التي تحدث فيها هذه الموجات الثانوية حسب المعادلة التالية :ـ

$$N = fD^2/4C$$

حيث ان f = عدد الذبذبات في الثانية الخاصة بالمجس

D = قطر المجس

C = سرعة الموجات الصوتية في المعدن

وتسمى المسافة بين (أ) الى (ب) وهي مسافة N (بالحقل القريب near field) والمسافة بين نقطة (أ) الى نقطة (د) هي far field اي الحقل البعيد ونقطة (د) هي النقطة او المسافة التي تبدأ منها الموجة منتظمة في مواصفاتها الفيزياوية الى ان تتلاشى .

مثال :ـ

اوجد الحقل القريب والحقل البعيد لمجس قطره ١٠ ملم وعدد ذبذباته ٦ مليون ذبذبة / الثانية في الحديد علما بان سرعة الموجات فوق الصوتية في الحديد هي ٦٠٠٠ متر / الثانية

$$N = \frac{١٠^{٢} \times ٦ \times ١٠^{٦}}{٤ \times ١٠^{٣} \times ٦٠٠٠} = ٢٥ \text{ ملم}$$

الحقل القريب = ٢٥ ملم

الحقل البعيد = ٣ × ٢٥ = ٧٥ ملم

نلاحظ ان بعد الحقل القريب والبعيد يتناسب طرديا مع عدد الذبذبات وقطر المجس وعكسيا مع سرعة الموجات في المعدن .

٥ـ٢ـ قياس الطاقة الصوتية

تقاس الطاقة الصوتية بوحدة الديسبل dB :ـ هو وحدة لوغارتمية نستعملها لقياس الفرق بين طاقة اشارتين على الشاشة . فاذا كان الفرق في طاقة الاشارتين =V فان

$$V = 20 \log \frac{h_1}{h_2} \text{ dB}$$

حيث ان h1 و h2 هما ارتفاع الأشارتين على التوالي ٠

فمثلا اذا كان $h1 = ٢$

وان $h2 = ١$

فان قيمة V = ٢٠ لو ٢/١

= ٦ ديسبل

اما اذا كانت $h1 = ١$

وان $h2 = ٢$

فان النسبة $h1/h2 = \frac{1}{2}$

لذلك نجد V = — ٦ ديسبل

والجدول ادناه يبين بعض النسب لـ h1 ، h2 وقيمة الديسبل

dB	h1/h2	dB	h1/h2
0	1.	0	1.00
1	1.12	—1	0.89
2	1.26	—2	0.79
3	1.4	—3	0.71
4	1.6	—4	0.63
5	1.8	—5	0.56
6	2.0	—6	0.50
7	2.2	—7	0.45
8	2.5	—8	0.40
9	2.8	—9	0.35
10	3.2	—10	0.32

٥ـ٢ـ١ـ قياس معدل اضمحلال الطاقة Attenuation

ان طاقة الموجة الخارجة من البلورة تضمحل تدريجيا في الوسط الذي تمر فيه في تردد معين ٠

يعرف الاضمحلال بانه مقدار مايفقد من طاقة الموجات فوق الصوتية في تردد معين ويقاس بالديسبل على الطول لتردد معين ٠ ان سبب حصول الاضمحلال هو اختلاف التركيب الداخلي للجزيئات في المعادن او النسب الموجودة في السبيكة التي تكون المعدن او طريقة صنع المعدن نفسه ٠٠٠ الخ

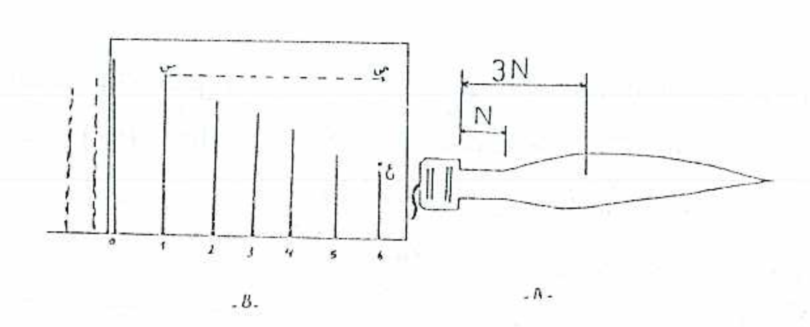
فالحديد المصنوع من قبل معمل ما قد يختلف عن نفس النوعية من الحديد المصنوع في معمل اخر في خاصية الاضمحلال لذا فيمكن الاستفادة من هذه الحقيقة وذلك بقياس مقدار الاضمحلال في المعدن دوريا ورسم خط بياني ليدل على مايطرأ من تغيير في المعدن ٠ فاذا فرضنا ان وعاء من الحديد كانت قيمة الاضمحلال فيه ١٫٣٢ ديسبل / سم بعد الصنع وبعد فترة من الزمن اي بعد تشغيل الوعاء ازدادت قيمة الاضمحلال فيه فان ذلك يعني ان تغييرا في التركيب الجزئي للمعدن قد حدث فاذا علمنا مقدار الاضمحلال المسموح به لتمكنا من اتخاذ قرار بان الوعاء صالح او غير صالح ٠ او قد يدلنا مقدار الاضمحلال في المعدن الى وجوب اجراء فحوصات اخرى على المعدن كالفحص المجهري مثلا لنكون على بينة بما حدث في المعدن ٠

كيفية قياس الاضمحلال

هنالك طريقتان لقياس الاضمحلال في المعادن نشرح اهمها ادناه :ـ

طريقة التأخير :ـ Delay

من المعلوم ان الموجة بالشكل (٣٤ـ أ) تصبح منتظمة بعد مسافة 3N من مسارها لذلك وجب قياس مافقده طاقة الموجة في المرحلة بعد



شــكل رقــم ٣٤

3N وهذا يتم بسحب الاشارات الاوليــــة خارج الشاشة كما في الشكل (٣٤ ـــ ب) وبمقــدار مايساوي 3N ثم ننشر ستة أشارات أو أكثر داخل الشاشـــة •

نجد ان الاشارة الاولى شكل (٣٤ ـــ أ) تكون اعلى من الثانية والثانية اعلى من الثالثة وهكــذا وذلك بسبب فقدان طاقتها في المعدن •

نضع الاشارة الاولى على ارتفاع يســاوي (٤/٥) ارتفاع الشاشة الكلي اي في نقطـــة (س) كما في الشكل (٣٤-ب) اما الاشارة رقـــم (٦) فيكون ارتفاعها في النقطة (ع)

نبدأ بتضخيم الطاقة باعطاء كميات مـــن الديسبل بواسطة الصمام الخاص الموجود علـــى الجهاز فنجد ان الاشارة رقم (٦) تبدأ بالارتفـــاع كلما ازدادت كميات الديسبل المعطـــاة ونســتمر بالعملية الى ان يصل ارتفاع الاشارة رقم (٦) الى نقطة (ص) •

ملاحظـــة :ـــ

عند البدء باعطاء كميات الديسبل لاتبقـــى الاشارة رقم (١) على حالتها من حيث الارتفـــاع بل هي الاخرى تبدأ بالارتفاع ايضا باتجاه محور الصادات الى خارج الشاشة •

عند وصول الاشارة رقم (٦) الى النقطـــة (ص) يحسب مقدار الديسبل المضاف ولنفرض انه يساوي Δ dB فان مقـــدار الاضـــمحلال يســـاوي :ـــ

$$\text{attenuation} = \Delta \text{dB}/2NT$$

N = عدد الاشارات الموجودة في داخـــل الشاشـــة •

T = سمك المعدن

Δ dB = كمية الديسبل المضافة للاشارة رقـــم (٦) لرفعها من النقطة (ع) الـــى النقطة (ص)

عند وضع المجس على سطح المعدن يجـــب ان يضغط بضغط متساوي من بداية العملية الـــى نهايتها وهنالك ماسكات مغناطيسية مصـــممة لهذه العملية كما في الشكل (٣٥) •

مثال : ـــ ماهي كمية الاضمحلال في معـــدن الحديد سمكه (٦٠) ملم باستعمال مجس تـــردده (٥) مليون ذبذبة في الثانية •



شــكل رقــم (٣٥)

الحل :ـ اذا فرضنا اننا ادخلنا ستة اشارات وان الفرق في الديسبل المعطاة هـي (٢٠) dB فتكون النتيجة هي :ـ

$$\text{الاضمحلال} = \frac{٢٠}{٢×٦×٦} = \frac{١}{٣٦} \text{ ديسبل/ملم}$$

٦ـ١ـ قياسات السمك وتحديد العيـوب في الالـواح الحديدية

١ ـ المجس الاعتيادي هو المستخدم فـي حالات قياس السمك التي تزيد عن ٣٠ ملم ، امـا بالنسبة للسمك اقل من ٣٠ ملم فيستخدم المجس المزدوج كما يلي :ـ

والمجس MSEB 6 يناسب القياس من ١٠ـ٣٠ملم

المجس MSEB 4 يناسب القياس من ١ـ١٠ملم

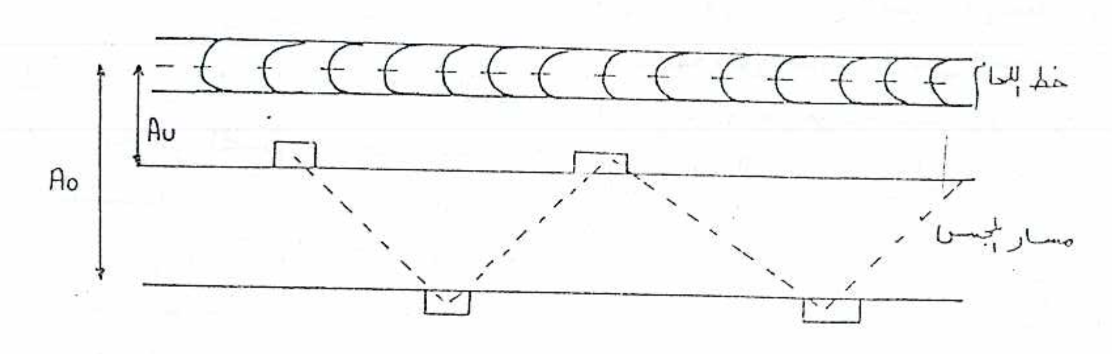
وكما شرحنا سابقا فان قراءة السمك تمثلهـا الاشـارة الاولى التي تظهر على الشاشـة ودقة القراءة تصل الى حوالي ١/٤ جزء من اجـزاء تقسيم الشاشة .

في حالة ظهور اشارة اضافية بين النبضـة الاساسية والاشارة الاولى او بين الاشارة الاولى والثانية وهكذا فهذا يعني وجود عيـب يعكـس الموجات فوق الصوتية موجود في تلك المنطقـة التي تظهر بها الاشارة واذا استمرت هذه الاشارة في الظهور عند تحريك المجس تحريكا بسيطا في جميع الاتجاهات فهذا يعني ان العيب له سـطح مستوي موازي تقريبا لسطح المعدن وغالبا مـا يكون ذلك هو Lamination اما اذا قلت بدرجة كبيرة او اختفت هذه الاشـارة عند تحريك المجس فهذا يعني وجود مسامية porosity او ثقـب أو فقاعة غازية gas cavity او وجود اوساخ بالمعدن Slag inclusion اما في حالة بقاء هذه الاشارة بينما تختفي الاشارة الثانية Back wall echo عند تحريك المجس فهذا يعنـي أن ابعـاد هذا العيب اكبر من مقدار قطر المجـس المستخدم ، لذا يجب تحريك هذا المجس في جميع الاتجاهات لمسافات اكبر لتحديد ابعاد وجـود العيب بالضبط .

٦ ـ ٢ ـ تحديد عيوب اللحام

أن فحص اللحامات يجب ان يتم باستخدام مجسـات زاوية angle probe مع اسـتعمال المقاييس DGS Scales ويجب تركيب احد تلك المقاييس على الشاشة . والمقاييس DGS Scales مصـممة خصيصا لسرعة معرفة العيب باللحـام مباشرة وتحديد ابعاده ، ولكل مجس ، ولكل مسافة مرغوبة وسمك لحام يجب اختيار المقياس Scale المناسب .

وعند جلب مجس زاوي جديد او غير مستعمل فيجب التأكد من سلامته او معايرته طبقا لمقـدار الزاوية المسجلة عليه وكذلك نقطة انطلاق الموجـات الصوتية Sound exit point وذلك طبقا لـما ذكـر سابقا . بعد اختيار المجس المناسب يوضع المجس ملامسا لسطح المعدن على مسافة من اللحام بعـد



شكل رقم (٣٦)

وضع وسط التوصيل المناسب (زيت ـ دهـــن ـ جلسرين) ثم تكون حركة المجس بطريقة لولبيـــة (زجراج) كما هو موضح بالشكل رقم (٣٦) •

ويمكن حساب المسافات التي يجب تحـريك المجس خلالها وهي A_o, A_u من المعـــادلة التالية :

$$A_o = D.2\ TAN\ B - x$$

$$A_u = \frac{D.2\ TAN\ B - x}{2}$$

حيث يكون :

D = سمك المعدن

B = زاوية المجس المسجلة عليه وأحيانا نجد أن قيمة 2TANB محسوبة جاهزة .

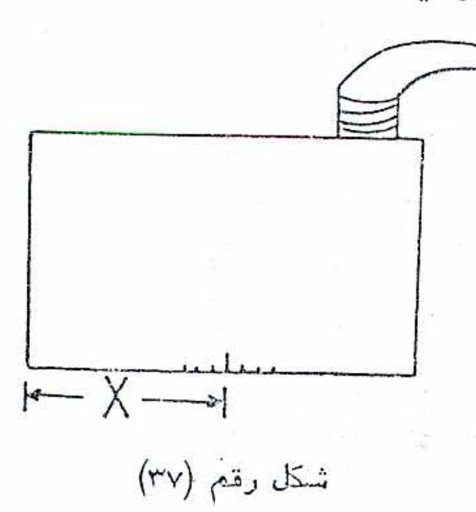
مثلا : = ٥ر٥ للزاوية ٧٠

= ٥ر٣ للزاوية ٦٠

= ــر٢ للزاوية ٤٥

X = هي المسافة بين نقطة الانطلاق على المجس ونهاية المجس شكل رقم (٣٧) •

وبتحريك المجس بطريقة لولبية وبالمســافات المحســوبة من المعادلة السابقة فاذا ظهرت اشارة على الشاشة فيجب تحريك المجس قليلا حتى نحصل على اكبر قيمة لهذه الاشارة •



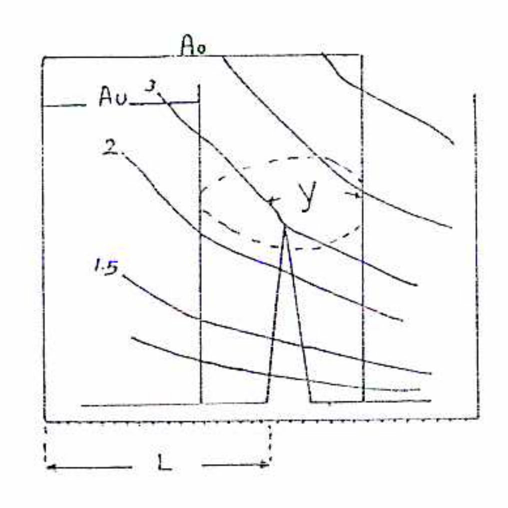
شكل رقم (٣٧)

وفي هذه الحالة يوجد الخط المنحنـــي الذي تنطبق عليه نقطة قيمة الاشارة مقارنـــة بالخطوط المنحنية المرسومة على المقياس اما اذا كانت نقطة القيمـــة منطبقـــة علـى احـــد الخطـوط فيكون هذا أسهل وتكون القيمة المكتوبة على الخط بالمليمتر تمثل قطر العيب diameter of the effect

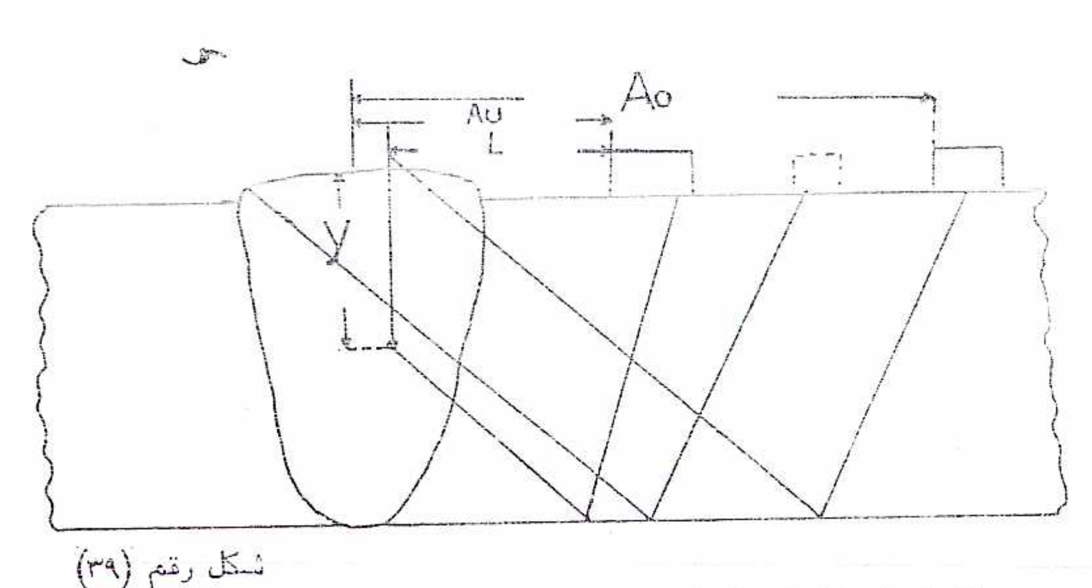
ويمكن معرفة مكان العيـــب فـــي اللحـــام مباشرة من التدريج على المقياس وتقاس المســـافة بين واجهة المجس والنقطة التي يقع اسفلها العيب بالمليمتر L وإذا تطلب الامر فحص شامل وتحديد دقيق كامل لذلك يجب رسم اللحام على المقيـــاس باستخدام قلم Flow master أو قلم رصاص مثل ماهو موضح بالشكل (٣٨) وتحديـــد مكـــان الخطين Ao, Au المحسوبين سابقا ورســـمها على المقياس .

بين خط Ao ومكان العيب وهي تمثل Y فتلـــك المســـافة تكون عبارة عن عمق العيب من ســـطح اللحام . كما هو موضح بالشكل رقم (٣٩) .

وعلى الرسم يوضح ان العيب بقطر ٣ مليمتر



شـــكل رقـــم ٣٨



شكل رقم (٣٩)

ويلاحظ عند رسم اللحام على المقياس ان يكون بدقة لمعرفة جذوره وسطحه وعدم الخلط بين الاثنين وهذه هي النقطة المهمة في الموضوع وبقياس المسافة وعلى عمق Y من سطح اللحام . لتحديد نوع العيب الموجود وتقســيمه بعد ظهور الاشارة على الشاشة يجب ان نحرك المجس قليلا الى الجهتين مـــن خط

موازٍ لمحور اللحام كما هو موضح بالشكل (٤٠) ثم نحرك المجس ثانية في جزء من دائرة كما هو موضح بالشكل (٤٠) ثم نحرك المجس ثانية في جزء من دائرة كما هو موضح بالشكل (٤١) ٠

خط اللحام

حركة المجس الى الجهتين

شكل رقم (٤٠)

ففي حالة بقاء الاشارة التي حصل عليها في حالة الحركة المستقيمة واختفائها في حالة الحركة الدائرية فهذا يعني ان العيب من النوع المستوي ويكون احد الانواع التالية :

١ ــ تشقق Crack
٢ ــ قلة في النفاذية Lack of penetration
٣ ــ قلة في الصهر Lack of fusion
٤ ــ قطع سفلى deep under cutting

في حالة بقاء الاشارة في الحركة الدائرية واختفائها عند الحركة المستقيمة فهذا يعني ان العيب له شكل دائري ، وغالبا ما يكون احد العيوب التالية :

١ ــ مسامية porosity
٢ ــ فجوات هوائية blow holes
٣ ــ محتويات خبث slag inclusions

خط اللحام

حركة المجس دائرية

شكل رقم (٤١)

ملاحظات : ــ

١ ــ اذا كانت نتائج فحص لحام معين من جانب واحد غير كافية او اذا كان اللحام خاص بأوعية الضغط العالي فيمكن عمل نفس طريقة الفحص من الجانب الاخر للحام للتأكد من النتائج السابقة ٠

٢ ــ اذا كان هناك فرق في سمك المعدن الملحوم اي اذا تم لحام سمك قليل مع سمك اكبر لذلك يجب فحص اللحام من جانب السمك الاقل اي نضع المجس ونحركه بطريقة لولبية على الجانب الاقل سمكا في قطعة المعدن ٠

٣ ــ اذا حدث انحناء بالمعدن نتيجة اللحام فيجب الفحص من الجانب المقعر للخارج ٠

رابعـا :

الفحص باستعمال اشعة (X) وكاما

اعداد :

كامل جعفر الفتلي

علي جاســم كاظم

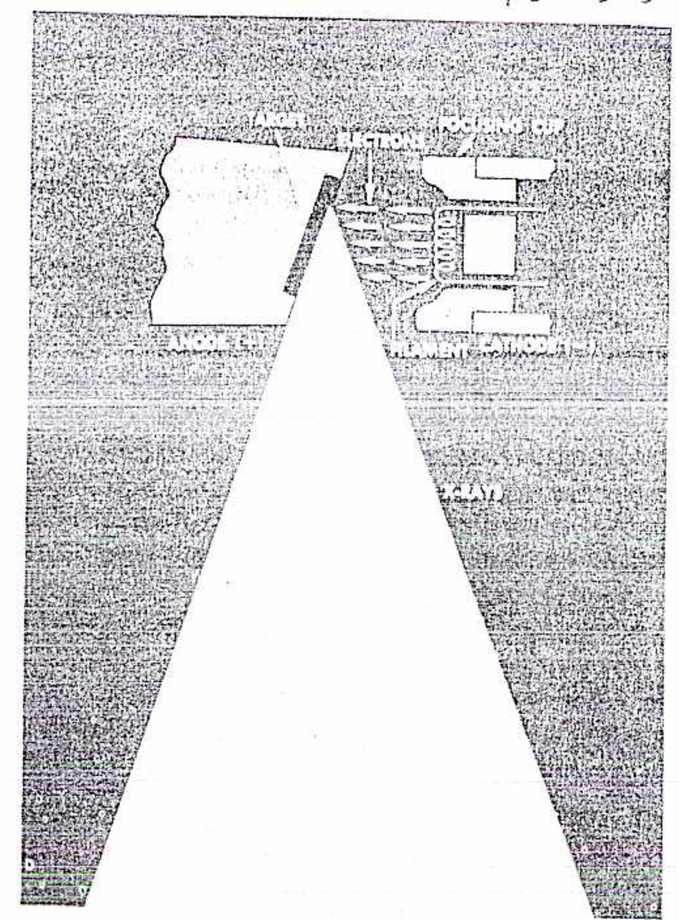
اكتشاف الاشعة السينية

اكتشف رونتجن Roentgen في ســنة ١٨٩٥م الاشعة السينية فشاهد حينما يشتغل انبوب اشعة المهبط Cathode ray tube يحصل توهج في حاجـز من سيانيد البلاتين والباريوم موضوع بالقـرب من الانبوب • وقد استنتج ان سبب التوهـج هو زجاج جدران انبوب اشعة المهبط ثم قام بتجـارب اخرى وجد من خلالها ان اعتراض بعض الاجسام بين الحاجز والانبوب يؤدي الى نقص شدة التوهج ولكن لايقضي عليه قضاءا تاما • فاستدل من ذلك على ان تلك الاشعة تتصف بكونها ذات قدرةعظيمة في الاختراق ، كما وجد ان الاشعةقادرة على التأثير في اللوح الفوتوغرافي وعلى تأين الغازات وقد اطلق على هذه الاشـعة بالاشعة السينية X-Ray

وهي تنتقل بخطوط مستقيمة منبعثة من مصدرهـا وهي لا تنحرف عن اتجاهها عندما تمر خلال المجالات الكهربائية والمغناطيسية لذلك فهي ليست دقائـق مشـحونة بالكهربائية • ولم يفلح رونتجـن ان يعكسها او يحرفها عن اتجاهها عندما حاول ذلك في سنة ١٨٩٩ • وارسل هاكا Haga وويند Wind حزمة من اشعة (X) خلال فتحة ضيقة فنجحـا في الحصول على ظاهرة الحيود diffraction effect غير ان الظاهرة التي حصلا عليها كانت ضعيفـة جدا بحيـث ان نتائجها لم تقبل قبـولا تاما • وقد اثبتت تجارب باركلا Barkla في استقطاب الاشعة السينية • ان هذه الاشعة هي موجات مسـتعرضة مشابهة لموجات الضوء •

استعمالات الاشعة السينية

تستعمل الاشعة السينية في المجال الطبـي والصناعي • اما في المجال الاخير فتستعمل للكشف عن اخطاء اللحام مثل الفطور والفجوات الهـوائية والاوساخ وعندما تخترق اي انبوب او صفيحة فانها تترك اثرا على افلام خاصة وبواسطتها يمكن قراءة ومعرفة نوع الخطأ •



–Schematic diagram of an x-ray tube.

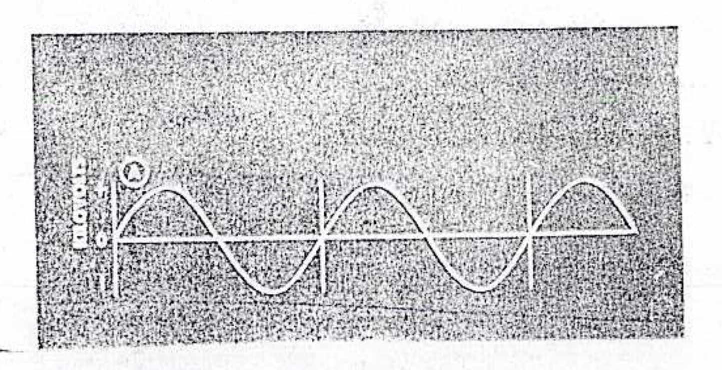
شـكل رقـم ٤٢

الطيف الكهرومغناطيسي

يتكون من الاشعة تحت الحمـــراء وفوق البنفسجية والضوء واشعة كاما واشعة الراديـــو وأشـــعة (X) جميعها اجزاء لاطياف كهرومغناطيسية لكن الفرق الرئيسي بينها هو اختلاف الطول الموجي واختلاف الطاقة لكل منها . فالطول الموجي القصير تكون طاقته كبيرة • وهذه الاشعاعات تتذبذب كهربائيا وتسير بسرعة الضوء وتهتز اي تتحرك من الموجب الى السالب • والطول الموجي هو المسافة بين موجة كاملة • ان اشعة كاما واشعة (X) لها القابلية عـلى تأين المواد التي تمر بها وتسمى بالاشعة الايونية •

يوجد فيه الفتيلة Filament موضوعان في انبوبة زجاجية مفرغة من الهواء • وهي موضوعة في غلاف معدني يقيها من الانكسار ويحيط الانبوبة ســائل زيتي يعمل كعازل ومبرد في نفس الوقت • فبعـد ان تســخن الفتيلة بمقدار كافي من التيار تصبح لها القابلية على اطلاق الكترونات وهذه الالكترونات تسير بسرعة كبيرة نتيجة لفرق الجهد الموجود بين القطب الموجب والسالب وتسقط على الهدف بزخم عالي وتتحرر الاشعة السينية •

ان الاشعة السينية لها خواص مشابهةلخواص الضـوء من حيث السرعة ولكن تختلف من حيـث الطول الموجي حيث ان الطول الموجي لاشعة (X)



شــكل رقــم ٤٣

قصير جدا وهذه الخاصية اعطت لها القابلية على اختراق المواد •

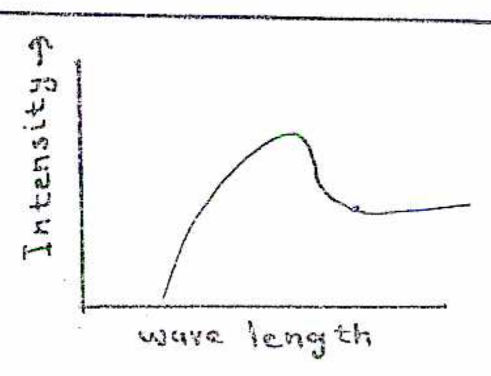
الطيف المستمر

ان الاشعة الخارجة من الجهاز لهـــا اطوال موجية مختلفة وهذه الامواج تولد الطيف المستمر ومن (الشكل رقــم ٤٤) نلاحظ العلاقة بين الشدة والطول الموجي والطيف المستمر •

مكونات جهاز الاشعة السينية وكيفيةتوليدها

أ ــ مصدر الاشعاع Tube Head

يتكون جهاز مصدر الاشعاع من القطـــب الموجب anode ويوجد فيه الهدف Target وهو عبارة عن قطعة من المعدن Tungsten مثبتة في مقدمة القطب الموجب والذي يكون بصورة مائلة • القطب الموجب والقطب الســـالب والذي



شـــكل رقـــم ٤٤

٢ ـــ وحدة السيطرة Control Unit

في هذا الجهاز يمكن السيطرة عـــلى الفولتية والتيار والوقت ويحتوي هذا الجهـــاز عـــلى عدة محولات لأغراض مختلفة .

٣ ـــ القابلوات

نوعان احدهما يوصل التيار الكهربائي من اي مصدر ذو فولتية ٢٢٠ أو اكثر والاخر يوصل بـــين وحدة السيطرة وجهاز مصدر الاشعاع .

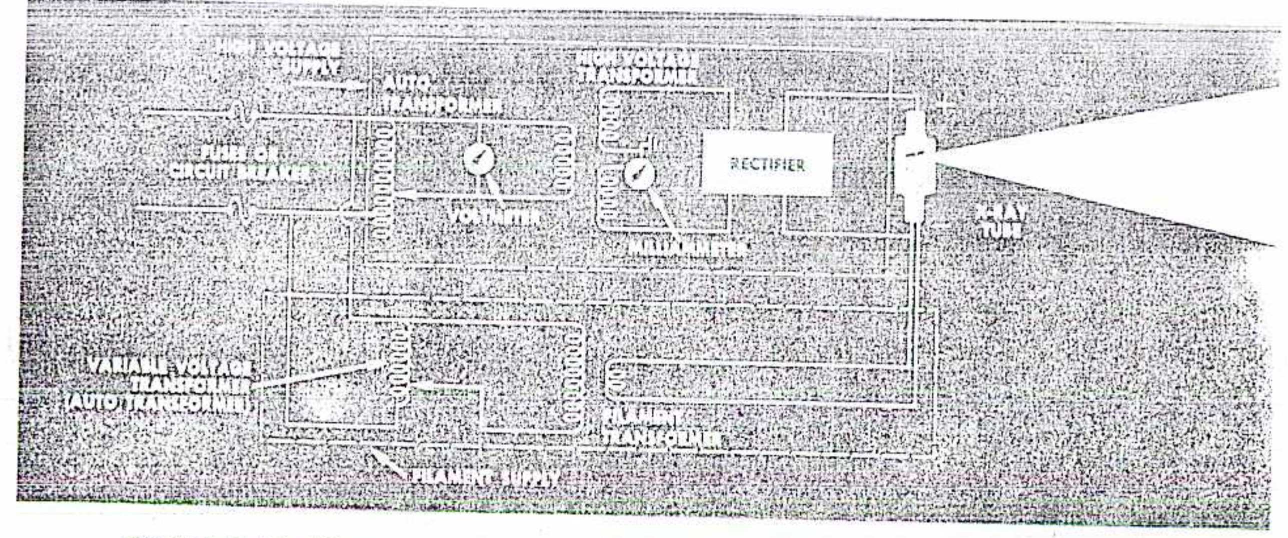
امتصاص الاشعة السينية

Absorption of X-Ray

عندما تمر حزمة متوازية من الاشعة السينية خلال مادة تصبح شدة الحزمة الخارجة اقـــل من شدة الحزمة الساقطة . ويتوقف مقدار النقـــص الحاصل في شدة الحزمة على السمك dx من المادة وشدة الحزمة I اي ان : $-dI = \mu Idx$

حيث يرمز dI لمقدار النقص في شـــدة الحزمة و μ لعامل التناسب المسمى معامـــل الامتصاص Absorption coefficient

ومعامل الامتصاص يمثل جزء الطاقة الذي يحذف مـــن الحزمـــة في سنتمتر واحد من المسار ولذلك يطلق عليه احيانا اسم معامل الامتصـــاص الكتلي للمادة .



-Principal electrical features of an x-ray machine.

شـــكل رقـــم (٤٥)

ويمكن كتابة المعادلة السابقة على الصورة التالية :

$$\frac{dI}{I} = -\mu\, dx$$
$$[\ln I]_{I_0}^{I} = -\mu x$$
$$\therefore I = I_0 e^{-\mu x}$$

يرمز I_0 للشدة الابتدائية للحزمة و I للشدة بعد ان تقطع الحزمة في المادة سمكا مقداره (x) وتوجد طريقتان تستطيع بهما ذرات المادة ازالة الطاقة من الحزمة الساقطة هما اما بطريقة التشتت scatter بجعل الكترونات الذرات تتذبذب اضطراريا وعند ذلك تشع الطاقة منها الى جميع الجهات . والطريقة الثانية هي ان الذرات تمتص جزء من الطاقة ثم تشع نوعا جديدا من الاشعة السينية ويسمى هذا الاشعاع بالاشعاع الفلوريسني flourescent radiation وهو ينبعث الى جميع الجهات .

ويمكن كتابة معامل الامتصاص الكتلي على شكل مجموع حدين : $\mu = \sigma + \tau$

حيث σ هو معامل التشتت و τ معامل التحول الفلوريسني . ويمكن تفسير هذه المعادلات بطريقة تختلف قليلا عما ذكرناه وذلك بان نعتبر حزمة مساحة مقطعها العرضي ١ سم٢ .

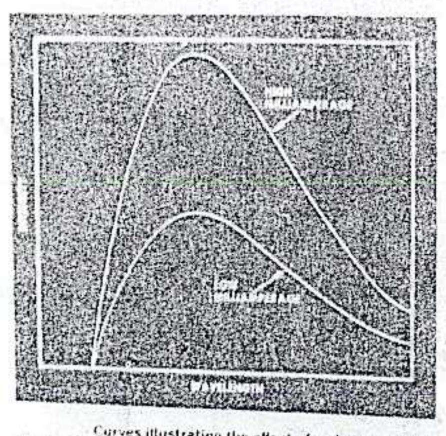
ففي هذه الحالة تمثل μ الجزء الكلي من الطاقة الذي يزيحه ١سم٣ من المادة وتمثل σ جزء الطاقة الذي يشتته ١سم٣ و τ جزء الطاقة الذي يتحول الى اشعة فلوريسينية في وحدة الحجوم هذه .

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{\sigma}{\rho} + \frac{\tau}{\rho}$$

حيث يمثل $\frac{\mu}{\rho}$ معامل الامتصاص الكتلي وهو خاصة مميزة للمادة ويمثل جزء الطاقة الذي يزيحه غرام واحد من المادة من حزمة مقطعها وحدة معينة من المساحة .

« تأثير التيار »

زيادة التيار تعطى لنا زيادة في كمية الالكترونات الخارجة وبالتالي زيادة كمية الاشعة المنتجة وزيادة التيار تقلل من الوقت ولاتؤثر على مظهر الصورة النهائي .



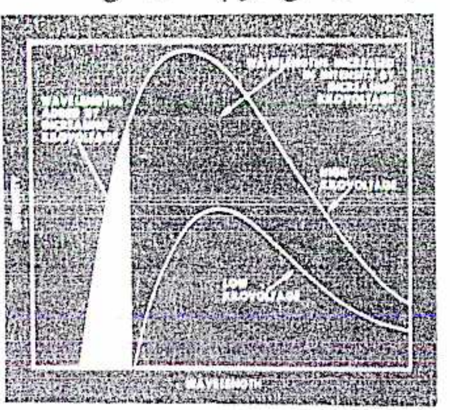
Curves illustrating the effect of a change in milliamperage on the intensity of an x ray beam. (After Ulrey.)

شكل رقم ٤٦

« تأثير الفولتية »

تأثير الفولتية حول قطبي انبوب الاشعة السينية يزيد من سرعة الالكترونات وتكون طاقتها كبيرة وبالتالي تعطي لنا حرارة عالية وتكون الاشعة السينية الخارجة عالية جدا . اذن زيادة الفولتية تعطي لنا زيادة في كمية الاشعة المتحررة ويكون

الطول الموجي قصير جدا • كذلك يكون اختراق المواد كبير بزيادة الفولتية فيجب عدم استعمال فولتية عالية لانها تقلل من درجة اللمعان •

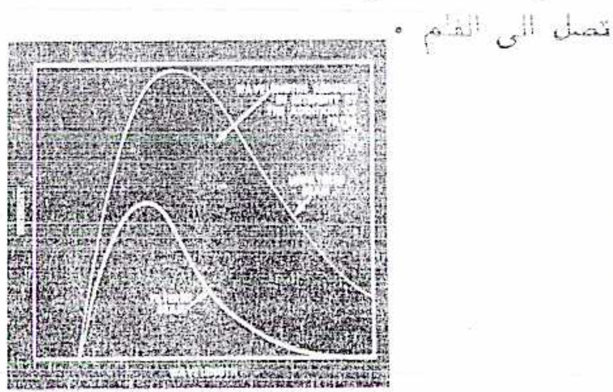


— Curves illustrating the effect of a change in kilo voltage on the composition and intensity of an x ray beam. (After Ulrey.)

شكل رقم ٤٧

المرشحات Filters

عبارة عن قطعة معدنية مصنوعة من النحاس او الالمنيوم او الرصاص توضع في مسار الاشعة والفلم وعادة تكون قريبة من مصدر الاشعاع • وهي تقوم بامتصاص الاشعة السينية ذات الطول الموجي الطويل وهي تقلل من كمية الاشعة التي تصل الى الفلم •



—Curves illustrating the effect of a filter on the composition and intensity of an x ray beam.

شكل رقم ٤٨

اهم المؤثرات التي يسببها استعمال المرشح :

أ — يزيد من الوقت

ب — يقلل من درجة لمعان الافلام الشعاعية

ج — يقلل من الاشعة المتشتتة التي تصل الى الفلم •

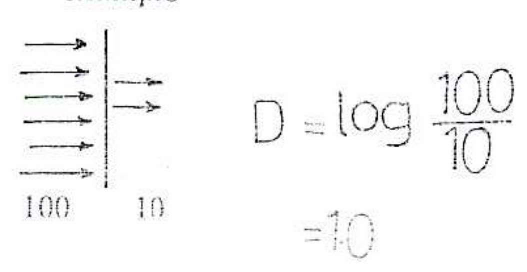
الكثافة Density

هي مقدار اسوداد الفلم الشعاعي ويمكن قياسها بواسطة جهاز Densitometer ومقدار الكثافة الجيدة يكون محدد (٢—٣)

والعلاقة التالية تبين لنا كيفية الحصول على الكثافة :—

$$D = \text{Log}10 \frac{\text{Incident Light Intensity}}{\text{Transmitted Light Intensity}}$$

For example



$$D = \log \frac{100}{10} = 1.0$$

درجة اللمعان Contrast

الفرق بين كثافة مساحتين متجاورتين

درجة التحديد Definition

درجة جودة الفلم الشعاعي لبيان معالمه بصورة واضحة

الشدة Intensity

مقدار قوة المصدر الشعاعي

النظائر المشعة Radio-Isotopes

يتم انتاج النظائر المشعة اما بتعريض العناصر المستقرة للنيوترونات او للدقائق المشحونة واما باستخراجها من المواد المشعة المتوفرة في الطبيعة او من نتاجات الانشطار النووي حيث تنقسم نواة ثقيلة الى عدد من النظائر المشعة .

ان النظائر المشعة غير مستقرة وتميل الى التحليل disintegration الى حالات اكثر استقرارا باطلاقها اشعاعات كهرومغناطيسية او دقائق نووية. وان عملية التحلل هذه تدعى الانحلال الاشعاعي Radioactive decay وان جميع انواع الاشعة والدقائق المنطلقة من هذه النظائر تدعى اشعاعات.

Half Life

نصف العمر للنظير المشع هو الوقت الذي يستغرقه هبوط النشاط الاشعاعي الى النصف .

فمثلا :ـ اذا كان لدينا (١٠ كيوري) من نظير (ايريديوم ١٩٢) والذي يكون نصف العمرله (٧٤) يوم يصبح نشاطه activity (٥) كيوري وبعد ٧٤ يوم اخرى تصبح ٢ر٥ كيوري وهكذا وبالنسبة الى الكوبلت ٦٠ يكون half Life له ٣ر٥ سنة والسيزيوم ٣٠ سنة .

« كيف تتولد اشعة كاما »

ان اشعة كاما تنطلق من النواة عندما تتحول من حالة متهيجة الى اخرى اكثر استقرارا . فعند انحلال الكوبلت (٦٠) تتحول نواته من مستوى (٢ر٥) م.أ.ف (مليون الكترون فولت) الى الحالة الدنيا باطلاقها اشعتي كاما على التوالي بطاقة (١٧ر١) و (٣٣ر١) م.أ.ف. وتوجد طريقة ثانية لتوليد هذه الاشعة فعند اتحاد الكترون وبوزترون وتحولهما الى اشعتي كاما طاقة كل منهما (٥١ر٠) م.أ.ف. تدعى عملية التحول هذه بالانحلال decay تستعمل اشعة كاما في مجال تصوير اللحام للمعادن ذات السمك العالي .

تعرض الافلام :ـ

يعتمد تعرض الافلام على الشدة التي تصل الفلم والزمن .

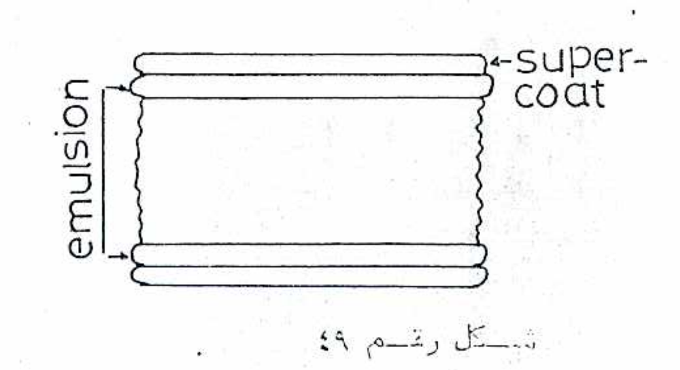
التعرض exposure = الشدة × الزمن

= ملي امبير × الدقيقة لاشعة (×)

= كيوري × ساعة لاشعة كاما .

فلم التصوير :ـ

يتكون من طبقة حساسة على الجانبين من حبيبات هلايد الفضة مثبته في الطبقة الجلاتينية emulsion .



شكل رقم ٤٩

افلام شركة كوداك

نوع الفلم	خواصه
Industrex MX	له حبيبات دقيقة جدا • له درجة لمعان عالية • يستعمل بدون او مع الحاجبات الرصاصية • يستعمل في الفحص الدناعي الكشف عن العيوب الدقيقة جدا في اللحام •
Industrex A	حبيباته دقيقة وله درجة لمعان عالية وكذلك يستعمل مع وبدون الحاجبات الرصاصية ويحتاج تقريبا ٢٥٪ أكثر تعرض من Industrex C •
Industrex C	حبيباته دقيقة وله درجة لمعان عالية ويستعمل بدون او مع الحاجبات الرصاصية ويستعمل في تصوير الاوعية والانابيب •
Industrex D	له درجة لمعان عالية يستعمل مع او بدون حاجبات رصاصية وسرعة ضعف سرعة فلم Industrex C •

وتوجد افلام لشركات اخرى مثل افلام شركة AGFA gevaertوشركة افلام الفورد •

التعرض :ـ

الحبيبات الموجودة في المادة الجلاتينية وهي هلايد الفضة تمتص فوتونات اشعة (x) وتعطي لنا فوتو الكترون وخلال تعامل الفلم مع المحاليل الكيمياوية اي بعد وضع الفلم في المظهر تتحول الحبيبات الى اجسام معدنية سوداء والتي تكون الصورة •

طرق التعرض

توجد ثلاث طرق لتعرض الفلم الشعاعي للاشعاع وهي كما يلي :ـ

أ ـ التعرض المباشر

فوتونات اشعة (x) تمتص مباشرة بواسطة المادة الجلاتينية وتبعث فوتو الكترون • جسيمة واحدة او اكثر من هلايد الفضة الموجود في مسار الاشعة تتعرض للاشعاع • على اى حال (١٪) من فوتونات اشعة (x) تمتص من قبل المادة الجلاتينية والبقية تجتاز بدون تأثير •

e

شكل رقم ٥٠

ب ـ حاجبات التكثيف الرصاصية
Intensifying Screens

عبارة عن صفائح خفيفة من الرصاص • عملها الرئيسي هو تكثيف الاشعة الساقطة على الفلم وذلك لان فوتونات اشعة (×) في هذه الحالة تمتص من قبل الطبقة الرصاصية وتكون الحاجبات متطابقة مع الفلم وتبعث هذه الطبقة فوتو الكترون والذي يخترق الطبقة الجلاتينية وتؤثر على حبيبات هلايد الفضة الموجودة فيها وهذا النوع من الحاجبات يقلل من وقت التعرض • ومن المفروض وضع الفلم بين صفيحتين من الرصاص الخفيف حيث يكون سمك الصفيحة الامامية ٠٠٤ر٠ انج والخلفية ٠٠٦ر٠ انج • واستعمال الحاجبات يتعلق بمقدار الفولتية ففي حالة استعمال (١٢٠) كيلو فولت فلا حاجة لاستعمالها اما اذا ازدادت الفولتية عن ذلك فيجب استعمالها •

جـ ـ الحاجبات الملحية Salt Screens

هذه الحاجبات تكون مغطاة بطبقة من الفسفور والذي يمتص الفوتونات ويولد ضوء يكون عادة ازرق • وهذا النوع من الحاجبات يقلل وقت التعرض للاشعاع والفولتية المستعملة •

العناية بالحاجبات الرصاصية : ـ

١ ـ عدم مسك الحاجبات اذا كانت اليد ملوثة •

٢ ـ يجب تنظيف سطح الحاجبات من الدهون والاتربة العالقة بها •

٣ ـ يجب توقي خدش او كسر الحاجبات الرصاصية •

٤ ـ المحافظة على لمعان السطح الداخلي لها •

التشويه Unsharpness

يحدث التشويه بسبب عدم تجانس كثافة مساحتين متجاورتين ويتعلق بالعوامل التالية : ـ

١ ـ التشويه الهندسي Geometric unsharpness
٢ ـ التشوه الداخلي Inherent unsharpness
٣ ـ الحاجبات Screen
٤ ـ الحركة Movements

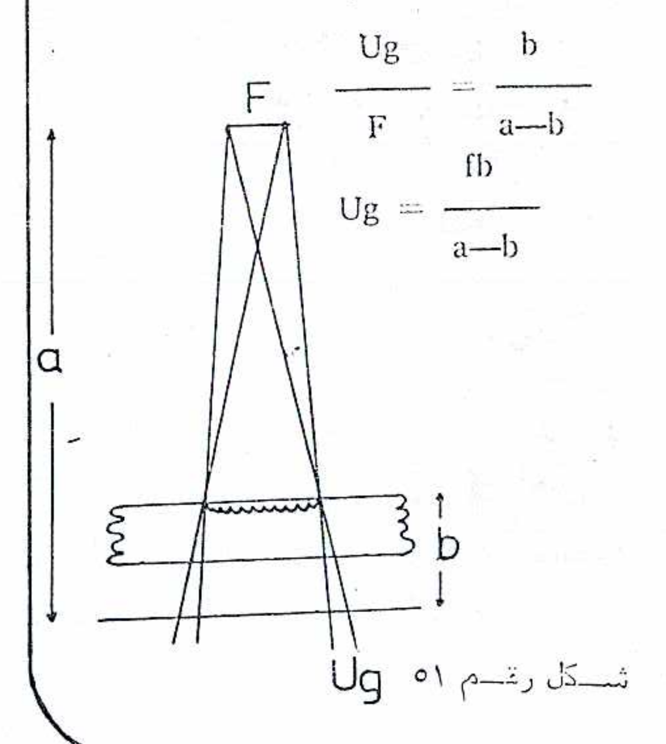
التشوه الهندسي Geometric unsharpness Ug

a — Focus to film distance.
b — Object to film.
c — Focal spot size.

ومن تشابه المثلثات نحصل على : ـ

$$\frac{Ug}{F} = \frac{b}{a-b}$$

$$Ug = \frac{fb}{a-b}$$



شكل رقم ٥١

مثـــال :ـــ

كيفية حساب المسافة بين الفلم والعدســـــة من العلاقة السابقة فلو كان لدينا معدن ســــمكه ٥٠ ملم وقطر الحزمة الشعاعية ٤ ملم و U =٢٥ر٠

$a = \frac{4 \times 50}{0.25} + 50 = 850\ mm$

غسل الافلام :ـــ

تحفظ افلام اشعة (X) وكاما في غرفة مبردة الى ٣٠ درجة مئوية ٠ وان عمليات تظهير وتثبيت الافلام يجب ان تتم في غرفة مظلمة مزودة بمصباح ضوئي امين Safe Light توجد طريقتــــان لغسل الافلام هي كما يلي :ـــ

١ ـــ الطريقة اليدوية

في هذه الطريقة يوجد وعاء فيه محلول المظهر developer ويتكون من عدة مركبات كيمياوية وهناك انواع واشهرها مركبات كوداك DX—80 وكوداك D-19 ومركبات شركة AGFA gevaert وطريقة اذابة كل من هذه المركبات موجودة فــي ورقة داخل العلبة ٠ يحرك المحلول حتى تصــبح درجة حرارته متجانسة ٠

ويوضع الفلم في هذا المحلول عدة (٤) دقائق بالنسبة الى المركب الاول و(٥) دقائق بالنسبة الى المركب الثاني ٠ ويجب أن تكون درجة حرارته ٢٠ درجــــة مئويــــة وعنــــد وضــــــــــــع الفلم يحرك لمدة (١٥) ثانية الاولى ٠ هناك بعض المنشطات تستعمل لتقوية محلول التظهير الــــذي يضعف نتيجة الاستعمال ٠ يرفع الفلم ويوضــــع في ماء محمض لمدة تتراوح بين ١/٢ الى دقيقــــة واحدة ٠ ثم يرفع ويوضع في المثبــت Fixer والذي يتكون من مركبات كيمياوية اهمهـــــا ثايوسلفات الصوديوم وحامض الخليك ومركبــات اخرى وهو على نوعين النوع الاول على شــــكل مسحوق والاخر على شكل سائل مركز ٠ ويحتاج تذاوب الفلم من ٣ الى ٦ دقيقة ٠

ينقل الفلم الى حوض الماء الجاري ويوضع لمدة (١٠) دقائق ويجب ان يكون الماء نقي وخالــي من الشوائب وينقل اخــيرا الى المجفــف الكهربائي ويترك لفترة من الزمن حتى يجف ٠

٢ ـــ الطريقة الاوتوماتيكية

في هذه الطريقة يوضع الفلم في مكان مخصص له ويوجد في داخل الجهاز محاليل التظهير والتثبيت وبواسطة مدحرجات Rollers تتحرك هذه الافلام وبعد اكمال عملية التجفيف تخرج مــــن الجهة المقابلة وتستغرق العملية حوالي ١٠ دقائق ٠

مواصفات الغرفة المظلمة

١ ـــ يجب ان تكون الغرفة معزولة عزلا تاما عــن الضوء ٠ او مغلفة بالرصاص او جدارهــا ذو سمك معين لمنع تسرب الاشعة الى داخلهــا اذا كانت قريبة من مصدر الاشعاع ٠

٢ ـــ توفر الماء البارد والحار وتزويدها بوسائل تصريف المياه الى الخارج ٠

٣ ـــ يجب ان تزود الغرفة بساعة يدوية ٠

٤ ـــ توفر وسائل التهوية الجيدة وذلك للمحافظة على صحة العاملين فيها ٠

٥ ـــ يجب ان تزود بمصباح ذو لون احمــر امان Safe Light ٠

قانون التربيع العكسي Inverse Square Law

اذا زادت المسافة بين الفلم الشعاعي ومصدر الاشعاع فان كمية الاشعاع التي تصل الى الفلم تكون قليلة فالشدة تتغير حسب قانون التربيع العكسي ومن الممكن استعمال العلاقة التالية للحصول على التعرض الجديد new exposure :

$$New\ exp. = Old\ exp. \times \left(\frac{New\ F.F.D}{Old\ F.F.D}\right)^2$$

مثـــال :ـــ

اذا كانت كثافة الفلم (٢) عندما تعرض الفلم الى (١٦) ملي امبير دقيقة على مسافة ٨٠٠ ملم فكم مقدار التعرض الجديد اذا اصبحت المسافة (١٦٠٠) ملم والحصول على نفس الكثافة ؟

$$New\ exp. = 16 \times \left(\frac{1600}{800}\right)^2 = 64\ MA.min$$

تغير الكثافـــة

لو كان لدينا فلم شعاعي له كثافة عاليـــة او قليلة فمن الممكن استعمال Characteristic curve للفلم الموجود في نهاية الفصل وحساب التغير فـــي التعرض كما يلي :ـــ Exp. to give req. density =

$$original\ exp. \times \frac{relative\ exp.\ of\ req.\ density}{relative\ exp.\ of\ original\ density}$$

مثلا دورة شعاعية استعمل فلم مـــن نوع MX مع تعرض ٤ دقائق و١٠ ملي امبير واعطيت لنا كثافة مقدارها (١ر٥) ماهو التعـــــرض اللازم لاعطاء كثافة مقدارها (٢ر١) .

$$Exp.\ to\ give\ req.\ density = 4 \times \frac{300}{200} = 6\ MIN$$

لقد استطعنا الحصول على التعرض النسبي لكل كثافة من Characteristic curve وكان (٣٠٠) بالنسبة لكثافة (٢ر١) و٢٠٠ بالنسبة لكثافة (١ر٥) .

حساســية الافــلام :ـــ

ان امكانية تعيين اخطاء اللحام او الاخطـــاء الناتجة من جراء صب المعادن تعتمد علـــى الفروق النسبية بين مايمتصه الجزء الذي فيه خطأ الـــى بقية اجزاء الجسم المطلوب فحصه . ومثال علـــى ذلك الفقاعة الهوائية المتكونة من جراء خطأ فـــي عمليات اللحام فسواء ظهر ظل هذه الفقاعة علـــى الفلم او لم يظهر فذلك يعتمد على الطريقة التكنيكية في التصوير المتبعة لكي يمكننا من التمييز بين مقدار الاشعة التي مرت خلال هذه الفقاعة او بقية اجزاء الجسم الاخرى .

فاذا افترضنا بان الطريقة المتبعة باستطاعتها امكانية التمييز بين شدة الاشعة بحدود (٠ر٠٢) من سمك الجسم فالفقاعة التي قطرها (٠ر٠٢) او اكثر ممكن مشاهدتها اما الفقاعة التي قطرها اصغر مـــن ذلك فلايمكن مشاهدتها على الفلم .

ان امكانية تحديد الاخطاء في اللحـــــام او غيرها يعتمد ايضا على شكل الخطأ وموقعه مـــن اتجاه حزمة الاشعة كما يعتمد على نوعية الاشعة المستعملة . ويجب ان يكون لدينا دليل يوضـــح لنا مقدار حساسية الفلم الشعاعي كطريقة للتأكد من جودته والتأكد من الطريقة التكنيكية المتبعـــــة لاظهاره ايضا .

مؤشر الحساسية I.Q.I.

توجد طريقة يمكن بواسطتها مقارنة الاخطاء وهذه الطريقة تتم باستعمال I.Q.I. والذي

هو اختصار للتعبير Image quality indicator ومن الممكن استعمال الطرق التالية لمعرفة حساسية الافـلام •

١ ــ طريقة المخطط البياني (مرفق في المؤخرة)

في هذا المخطط يمثل الخط العمودي حساسية الفلم والافقـي سمك المعدن ، ويوجد ١٦ سلك ذات اقطار مختلفة ومن تقاطع سمك المعدن مع احـد الاسلاك الظاهرة (مع السلك اقل سمكا) وتقاطع الاخير افقيا مع عمود الحساسية تتمكن من معرفة حساسية الفلم •

٢ ــ طريقة استعمال العلاقة الرياضية

عند استعمال I.Q.I. من نوع Wire Type DIN 62 مثلا :ــ والذي توجـد فيه (٧) اسلاك موضوعة بصورة عمودية ومتوازية مع بعضها والمسافة بين كل اثنان منهما (٥) ملـم وطول كل منها (٢٥) ملم او (٥٠) ملم ومعدن هذه الاسلاك هو الحديد او النحاس او الالمنيوم وعند الاستعمال يجب اختيار النوع الملائـم للمادة المطلوب فحصها •

رقم السلك	١	٢	٣	٤	٥	٦
قطر السلك (ملـم)	٣ر٢	٢ر٥	٢	١ر٦	١ر٢٥	١
	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣
	٠ر٨	٠ر٦٣	٠ر٥	٠ر٤	٠ر٣٢	٠ر٢٥	٠ر٢
	١٤	١٥	١٦				
	٠ر١٦	٠ر١٢٥	٠ر١				

مثال على ذلك

اذا شاهدنا اربعة اسلاك وكان I.Q.I. المستعمل مع النموذج المطلوب فحصه هو محـدد بـ (١٠ــ١٦) فمعناه ان السلك الاول هو رقـم (١٠) والثاني (١١) والثالث (١٢) والرابـع (١٣) نستخرج قطر السلك رقم ١٣ من الجدول السابق وهو ٠ر٢ ملم نضعه في المعادلة السابقة مع فرض ان سمك المعدن ١٦ ملم •

$$\text{الحساسية} = \frac{\text{سمك اضعف واير ظاهر}}{\text{سمك المعـدن}} \times ١٠٠$$

$$\text{الحساسية} = \frac{٠ر٢}{١٦} \times ١٠٠$$

$$= ١ر٢٥$$

مع العلم ان الحساسية المفضلة يجـب ان لاتزيد عن (١)

الاشعة المتشتتة Scattered radiation

تؤثر الاشعة المتشتتة على الفلم الشـعاعي وبذلك تقلل من درجة لمعان الافلام وتؤثر علـى حساسيتها ويجب تقليل الاشعة المتشتتة التي تصل الفلم وذلك بواسطة الطرق التالية :ــ

أ ــ استعمال الحاجبات masking عبارة عن قطعة من الرصاص توضع خلف الفلم الشعاعي والغرض منها امتصاص الاشعة الراجعة •

ب ــ المرشحات filters توضع بـين المدسة والفلم وهي تقوم بامتصاص جميـع

الأشعة ذات الطول الموجي الطويل .

جـ ـ الحاجبات الرصاصية Lead screens

عملها يشابه عمل المرشحات وهي تقوم بامتصاص الاشعة ذات الاطوال الموجية الطويلـة وبالاضـافة الى تكثيفها للاشعة .

تصـوير اللحـام

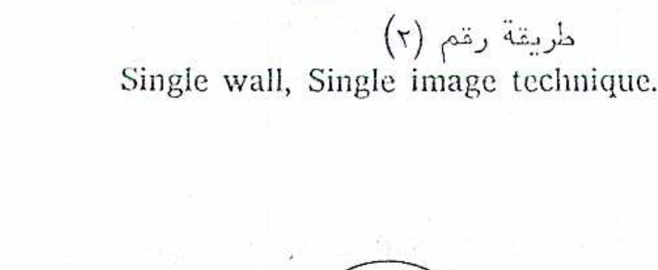
توجد طرق كثيرة ومختلفة لتصوير مناطـق اللحام وتعتمد هذه الطرق على نوعية الشـغلة المطلوب تصويرها . .

فمثلا ـ انبوب او وعاء او برج او خزان او صفائح ملحومة .

طريقة رقم (١)

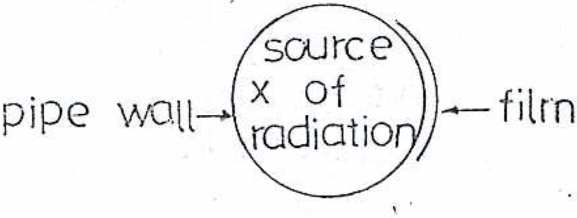
يكون الفلم داخل الانبوب والجهاز في الخارج .

Single wall, single image technique.



طريقة رقم (٢)

Single wall, Single image technique.



يكون موضع الفلم خارج الانبوب وجهاز مصـدر الاشعاع في الداخل .

طريقة رقم (٣)

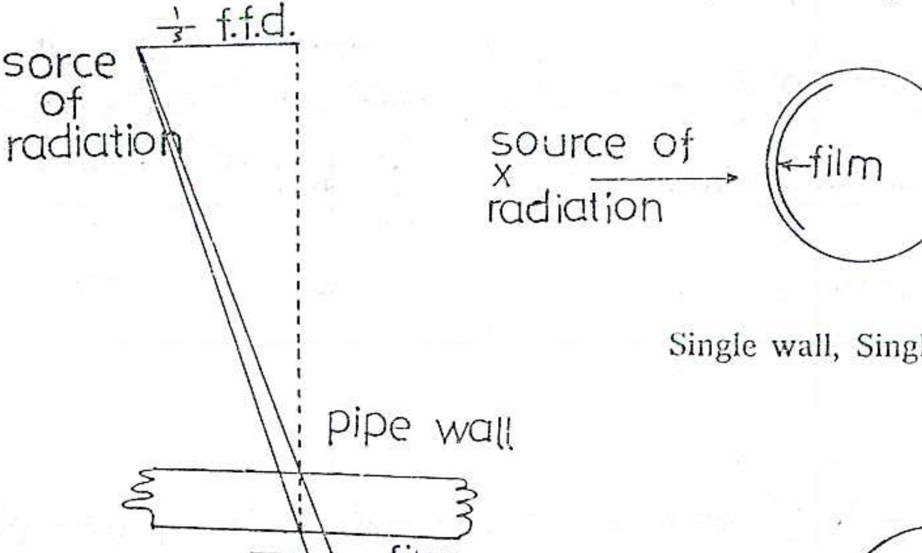
double wall, single image technique.

source
of
radiation
film

في هذه الطريقة الفلمومصدر الاشعاع خـارج الانبـوب

طريقة رقم (٤)

double wall, double image technique.



الفلم ومصدر الاشعاع في الخارج . هذه الطريقة تستعمل للانابيـب ذات الاقطـار التـي لاتزيـد عن ٥ر٣ أنـج .

العيوب المتوقعة في عملية اللحام

نوع العيب	التعريف	الشكل	المسموح
١ ـ فجوة هوائية Porosity	فقاعة ناتجة عن غاز محصور	بقعة سوداء دائرية	لايزيد حجمها عن ٢٥٪ من سمك الجدار
٢ ـ انابيب Pipes	عبارة عن انبوبة موجود فيها غاز	بقع سوداء مدورة او طويلة	نفس السابق
٣ ـ الخبث Slag inclusions	وجود اجسام غريبة محصورة داخل اللحام	عبارة عن خطوط سوداء موازية الى حافة اللحام	لاتزيد عن ٢ أنج في الطول او ١/١٦ أنج من العرض
٤ ـ صهر غير كامل	عدم انصهار قطعة موجودة بين اللحام والمعدن المطلوب لحامه	خط اسود نحيف مع حافة حادة	لايزيد عن ١ انج في الطول من اللحام الذي يبلغ طوله ١٢ انج
٥ ـ اللحام غير النافذ Incomplete penetration	عدم املاء الجذر بواسطة معدن اللحام	خط اسود مستمر او منقطع موجود في وسط اللحام	نفس السابق
٦ ـ الشقوق Cracks	انفصال المعدن نتيجة الكسر	خط اسود دقيق مستقيم او منحرف الاتجاه	لايقبل اللحام الموجود فيه شق
٧ ـ القطع السفلي Under Cut	عبارة عن اخدود او قناة موجودة في السطح على طول حافة اللحام	خط اسود موجود في حافة اللحام	أ ـ عمقها لايزيد عن ١/٣٢ أنج او ١/٢ ١٢ انج من سمك المعدن ب ـ طولها لايزيد عن من طول اللحام ٢ انج او ١/٦ انج

الحماية من الاشعاع

رونتجن هي وحدة تستعمل لاشــــعة كاما واشعة اكس والتي تؤثر في الهواء وهـــي تعادل ٠ر٠٠٨٦٩ جول / كيلو غرام من الطاقة الممتصة من قبل الهواء •

رأد RAD

الراد يعين الطاقة المترسبة في اي وســـط والمتسببة باي نوع من الاشعاعات المؤينه •

ريــم REM

ليس من الضروري ان الجرعة الممتصة تكـون نفسها لكل نوع من الاشعاع حتى يكون التأثـــير واحد فمثلا أن راد واحد من أشعة الفا من الممكن ان تؤثر بنفس مقدار (١٠) راد من اشعة كاما حسب العلاقة التالية :

Dose equivalent "Rem" = Absorbed dose RAD $\times$ QF

Quality factor = QF

$X, \gamma \,\&\, \beta$ Radiation QF = 1

α & Fast Neutrons QF = 10

Thermal neutrons QF = 3

Dose EQ. (REM) For γ = Absorbed dose (RAD) $\times$ QF

$= 10 \times 1$

$= 10$ .....(1)

Also For α Ray $= 1 \times 10$

$= 10$....(2)

فمن ملاحظة النتيجة (١) و (٢) نلاحظ تساوي المقدارين •

« التأثيرات البايولوجية »

الاشعاعات المؤينه تسبب تلف الانسجة وذلك بسبب تأينها للماء ويعتبر المصدر الرئيسي لحيـــاة الانسجة الحيـــة •

أ ـ التأثيرات التي تظهر على الجسم (جرعة الاشعاع الخطرة)•استلام كميات كبيرة من الاشعاع في وقت واحد يسبب المرض والموت وتظهر أعراض التعرض للاشعاع تقيأ وغثيان يتبعه تساقط الشعر ونزيف دموي ، احمرار الجلد وحمى • وهـــذه الاعراض تسبب الموت اذا كان التعرض تقريبـــا (٢٠٠) ريـــم •

ب ـ التأثيرات التي تظهر على الجسم لفتـــرة طويلة Long-term effects من الممكن ملاحظة التأثير على الاشخاص الذيـــن يستلمون جرعات صغيرة نسبيا لفترة طويلة من الزمن • اي التعرض المزمن ومن اهم الاضرار :ـ

١ ـ سرطان الدم •

٢ ـ سرطان العظام •

٣ ـ سرطان الرئة •

٤ ـ سرطان الغدة الدرقية •

مع العلم ان الامراض السرطانية التي يسببها الاشعاع لايمكن تمييزها عن الامراض السرطانيـــة الاخـــرى ويمكـن أن يســتغرق ظهـور هـــذه الامراض (١٠) الى (٢٠) سنة أعتمادا على مقـــدار التعـــرض •

جـ ـ التأثيرات الوراثيـــة The genetic effect تؤثر على الخلايا الوراثية في الانسان وتســـبب

طفرات وراثية وتظهر على شكل أمراض وعاهات . الاشعاعات المؤينه تزيد من الطفرات الوراثية فــي الاجيال القادمة ولهذا السبب يجب ان تكون اعمال الاشتغال في مجال الاشعاع مبرمجة ومسيطر عليها سيطرة كاملة .

الجرعات المسموح بها

٥ ريم في السنة

٣ ريم في ١٣ اسبوع

٢ر٥ ملي ريم في الساعة

ملاحظــات

١ ـــ لا يسمح للشخص ان يتعرض الـــى ٣ ريم في ١٣ اسبوع واذا حدث وان تعرض الى ٣ ريم في ١٣ اسبوع فيجب ان لا يتعرض الـــى اكثر من ٢ ريم في بقية السنة .

٢ ـــ ٢ر٥ ملي ريم في الساعة كمية الاشعاع التي يمكن ان يتعرض لها الشخص والذي يعمــل لمدة ـــ٤٠ـــ ساعة في الاسبوع او ـــ٥٠ـــ اسبوع في السنة على ان لا يتجاوز ذلك الكمية المسموح بها سنويا .

٣ ـــ في حالات خاصة يتعرض الشخص الى كمية ٣ ريم لكل (١٣) أسبوع بالتتابع علـــى أن لا يتجاوز مقدار ٥ (ص ـــ ١٨) مع العلم بان ص تمثل عمر الشخص .

٤ ـــ العاملون الذين يتعرضون الى (٠ر٣) من اعلى جرعة يطلق عليهم Classified Workers .

٥ ـــ النساء المنجبات يجب ان لا يتعرضون الى اكثر من $1\frac{1}{4}$ ريم لكل ١٣ اسبوع .

٦ ـــ النساء الحوامل والمرضعات يجـــب ان لا يتعرضون الى اكثر من ١ر٠ ريم .

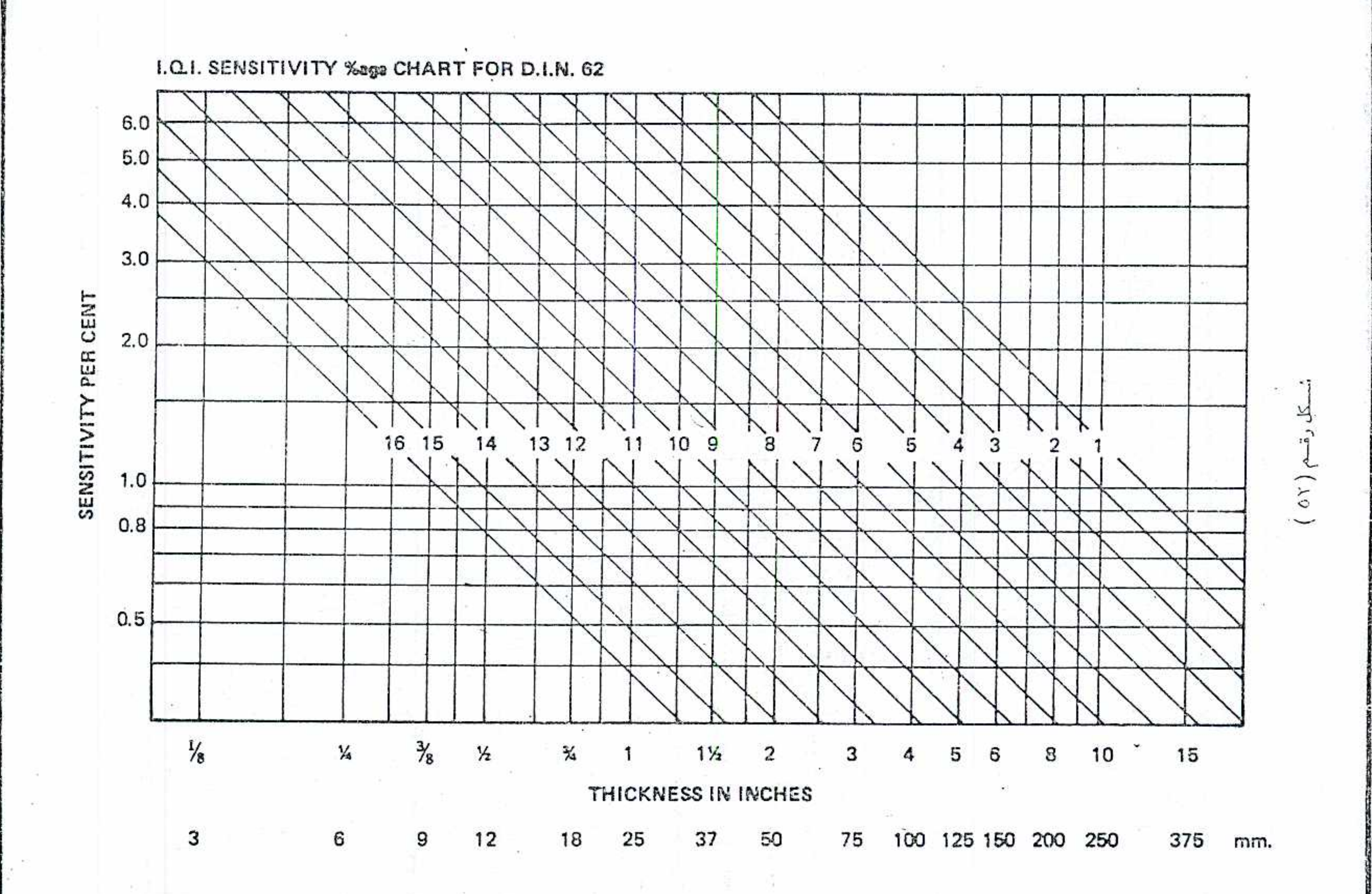
العامل الذي يشتغل في منطقة يزيد نسبة الاشعاع فيها عن (٠ر٧٥) ملي ريم لكل ساعة يجب ان تتوفر فيه الشروط التالية :

أ ـــ عمره اكثر من ١٨ سنة.

بـــ يجب ان يكون تحت الاشراف الطبـــي (فحوصات دورية) .

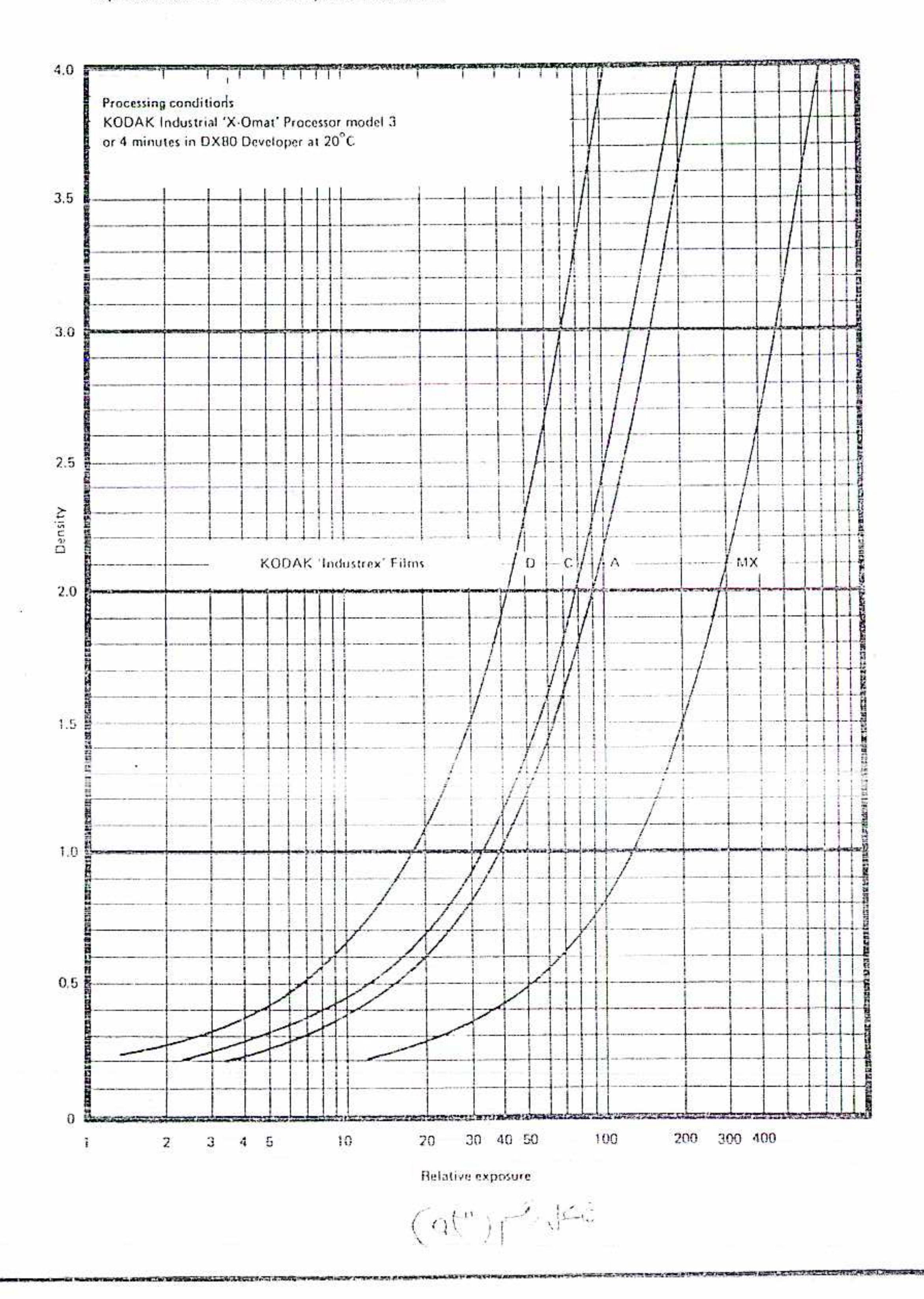
جـــ يجب ان يضع Film badge .

دـــ يجب قياس كمية الاشعاع التي يستلمها الشخص العامل وتدون في سجلات .


I.Q.I. SENSITIVITY %age CHART FOR D.I.N. 62
SENSITIVITY PER CENT
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.8
0.5
16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
⅛ ¼ ⅜ ½ ¾ 1 1½ 2 3 4 5 6 8 10 15
THICKNESS IN INCHES
3 6 9 12 18 25 37 50 75 100 125 150 200 250 375 mm.

شكل رقم (٥٢)

Exposure conditions – 250 kV X-rays with Lead Screens



خامساً : الفحص بالسوائل النافذة

اعداد المهندس :

علي احمد مصطفى حماد

تعتبر اختبارات السوائل النافذة من اقدم طرق الاختبارات غير المتلفة وتعتمد اساسا على امكانية بعض السوائل للنفاذ خلال الشقوق والعيوب السطحية ثم امكانية خروج السائل مرة اخرى بعد تجفيف السطح ليظهر مكان العيب.وقديما كان يستعمل النفط الابيض لامكانية نفاذه السريع خلال الشقوق ثم بعد ذلك يجفف السطح ويدهن بمسحوق الطباشير وعند ذلك يظهر مكان العيب على السطح نتيجة تشرب مسحوق الطباشير للنفط •وقدأنتشرت هذه الطريقة قديما خصوصا في صناعة قضبان السكك الحديدية غير انها لم تكن مرضية لحد ما فحساسية الاختبار ضعيفة لاكتشاف العيوب خاصة الصغيرة منها كما ان انتشارها في الصناعات الاخرى كان محدود جدا • وفي سنة ١٩٣٠ تم اكتشاف طريقة الفحص بواسطة الجزيئات او الحبيبات الممغنطة وقد انتشرت هذه الطريقة بسرعة عالية نظرا لكفائتها ودقتها وحلت محل الفحص بالنفط في مجال الصناعات الحديدية ، غير أن الاحتياج كان شديدا في مجال الصناعات غير الحديدية لاستحداث طريقة بكفاءة ودقة عالية بواسطة الحبيبات الممغنطة • وفي سنة ١٩٤١ استحدثت الطريقة الحديثة في الفحص بالسوائل النافذة وهي على نفس اسس الطريقة القديمة ولكنها تستعمل المواد المضيئة مع السائل النافذ كما أستعملت أيضا السوائل الملونة ولكن كان الاهتمام بفكرة السوائل المضيئة . ومنذ الحرب العالمية الثانية حيث انتشرت هذه الطريقة في عدة مصانع الى ان اصبحت اليوم طريقة هامة في الفحص غير المتلف في جميع مجالات الصناعة •

ومن حيث تقييمها بالنسبة لطرق الفحص الاخرى فاننا نرى انه لا يوجد سائل معين مرضي لجميع الاغراض والاستخدامات كما سنرى فيما بعد •

مجال الاستخدام

حيث ان هذه الطريقة تعتمد على نفاذ السائل خلال السطح فانه من الطبيعي ان يكون مجال استخدامها في الكشف على العيوب السطحية او القريبة من السطح أو متصلة بفتحة سطحية ، كما انها صالحة في المواد المتجانسة غير المسامية ــ حيث ان المواد المسامية ينفذ خلالها السائل وتضيع معالم العيوب ، وهي صالحة في المعادن الحديدية وغير الحديدية على السواء مثل السراميك والزجاج والبلاستك وغير ذلك وتستعمل في الكشف على الشقوق السطحية ، والمسامية Porosity والانفصال Lamination وعدم الالتصاق Lack of Bond والتسرب في صناعة الخزانات والانابيب •

اسس عملية الاختبار بواسطة السوائل النافذة :ـ

الاختبار بواسطة السوائل النافذة عملية بسيطة ففي البداية يوضع السائل النافذ على سطح منطقة الاختبار ويترك لفترة كافية لتسرب السائل ونفاذه في العيوب السطحية . بعد ذلك يزال السائل الزائد عن سطح منطقة الاختبار وثم توضع مادة قادرة على الامتصاص ذات لون خفيف على شكل مسحوق فوق السطح تسمى المظهر Developer هذا المظهر له قدرة على امتصاص واخراج كمية من السائل السابق نفاذه خلال السطح في مناطق العيوب . وعندما يخرج السائل النافذ الى السطح ويمتصه المظهر يبدو على السطح المناطق المعيبة ويستطيع الفاحص ان يقدر مكان وحجم العيب حسب كمية وشكل السائل الخارج من العيب .

انواع السوائل النافذة

غالبا مايستطيع اي سائل النفاذ خلال عيب من حجم معين كما يمكن لاي مادة ماسة ذات لون خفيف استعمالها كمظهر للعيوب اذا كانت فتحة العيب ذات حجم كبير تسمح بنفاذ كمية من السائل النافذ ولكن لتحقيق الحساسية المطلوبة في الاختبار يجب استعمال سائل له خاصية النفاذية الكبيرة كما يجب أن يظهر السائل النافذ بلون ظاهر سواء بواسطة الضوء العادي او ان يكون ذا لون مضيء اذا ما سلط عليه ضوء معتم او اشعة فوق بنفسجية Black or ultraviolet Light وكمية السائل النافذ التي تستطيع النفاذ خلال العيوب السطحية الدقيقة وكذا شدة الوضوح للسائل الخارج من العيب يجب ان تكون عالية بدرجة كبيرة ايضا فان درجة التباين بين السائل النافذ والمظهر يجب ان تكون عالية قدر الامكان .

وفي العادة تقسم السوائل النافذة الى عدة مجموعات رئيسية وأحد هذه التقسيمات هي من نوع الصبغات سواء كانت :

١ ـ الصبغات التي تضيء عند تسليط ضوء معتم عليها .

٢ ـ الصبغات التي تعطي تباين واضح في الضوء العادي .

ان المجموعة الثانية من السوائل النافذة تحدد بواسطة الطريقة التي يتم بها ازالتها من فوق سطح منطقة الاختبار فبعض هذه الانواع يمكن ازالتها بواسطة الغسل بالماء الاعتيادي والبعض الاخر تحتاج الى أنواع خاصة من المذيبات لازالتها واخيرا يوجد نوع من السوائل التي تضاف اليها مادة اخرى تكون مستحلب يمكن ازالته بسهولة بواسطة رذاذ ماء من على السطح بينما يبقى السائل النافذ داخل العيوب غير متأثر بعملية الاستحلاب . ويلاحظ في هذه الطريقة اضافة خطوة زائدة عن الطرق الاخرى .

انواع المظهرات :ـ

يوجد نوعين من المظهرات أحدهما المظهر الجاف: وهو عبارة عن مسحوق ذا لون خفيف ويستعمل على السطح المراد اختباره بعد ازالة السائل النافذ الزائد ويستخدم باحدى الطرق الاتية :ـ

١ ــ بغمس القطعة المراد اختبارها في خــزان مملوء بالمسحوق •

٢ ــ بواسطة فرشاة تمرر على سطح الاختبــار (طريقة غير مستحبة) •

٣ ــ بواسطة ذر المسحوق فوق السـطح المراد اختباره •

والنوع الثاني هو المظهرات الرطبة وهــي عبارة عن مساحيق عالقة في سوائل مناسبة مثل الماء أو المذيبات ، واستعمال المظهرات الرطبة يتيح التغطية السريعة لعدد كبير من القطع أو جسم معقد الشكل•

طريقة العمل

في اي طريقة من الفحص بالسوائل النافـذة بعد تنظيف السطح المراد اختباره هو وضع السائل النافذ على السطح ، فاذا كانت هناك عيــوب او انفصال على السطح يبقي جزء من السائل النافذ في العيــب ويجـب تـرك السائــل النافــذ على السطح لمدة كافية تعتمد على العوامل التالية :ــ

١ ــ نوع السائل النافذ المستعمل

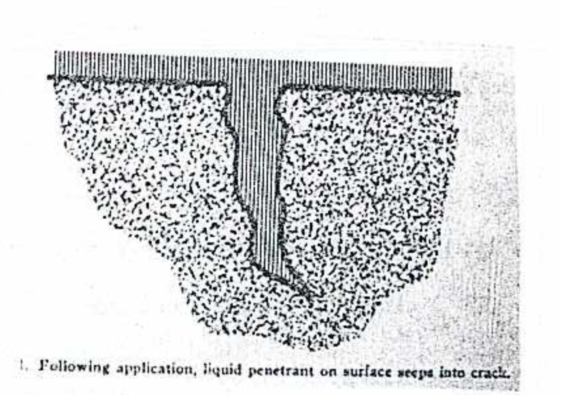
٢ ــ نوع المعدن المراد فحصه

٣ ــ درجة الحساسية المطلوبة

٤ ــ نوع العيوب المطلوب اظهارها

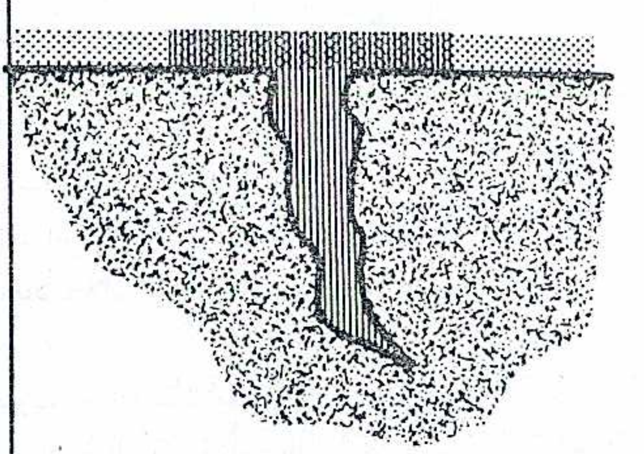
وتتراوح هذه المدة من دقيقة كحد ادنى الــى ساعة واحدة بعد ذلك تزال كمية السائل الفائض من على سطح العينة وكما ذكر سابقا فان بعض السوائل يمكن ازالتها بالماء غير انه في بعض الحالات الاخرى يجب استعمال مذيب مناسب •

والخطوة الثالثة وضع المظهر فوق الســطح وهذه المواد اللاقطة او المتشربة تسحب بعض مــن السائل المتخلل داخل الشقوق او العيوب وتنشــرها فوق وعلى جانبي العيب كما بالشكل (٥٤) ويجــب انقضاء وقت مساوي تقريبا لوقت نفاذ السائل حتى تظهر الصورة •



1. Following application, liquid penetrant on surface seeps into crack.

شــكل رقــم (٥٤)



Developer acts as a blotter to draw penetrant from crack.

شــكل رقــم (٥٥)

بعد ذلك يفحص السطح بالبصر لملاحظة اماكن التباين بين السائل النافذ الممتص بواسطة المظهر وبين السطح العام المغطى بالمظهر . وفي حالة استعمال سائل نافذ يحتوي على صبغات يكفي الملاحظة بواسطة البصر في الضوء الاعتيادي اما اذا كان السائل يحتوي على مواد فسفورية فيجب أستعمال ضوء معتم Black Light قريب من الاشعة فوق البنفسجية بطول موجي ٣١٥٠ أنجستروم ومن المهم أمكان القدرة على ملاحظة الكميات الضئيلة من السائل النافذ والتي تعني وجود عيب وعلى ذلك فان نجاح اختبار الفحص بالسوائل النافذة ومدى تحقيقها للغرض المطلوب يعتمد على مهارة الشخص القائم بعملية الفحص ومدى اهتمامه بتنظيف السطح قبل استخدام السائل واهتمامه بكل عملية اثناء الاختبار ودقة ملاحظته والاشارات على السطح وتقدير نوع وحجم العيب .

القواعد الرئيسية في الفحص بالسوائل النافذة

١ ـ يجب نفاذ السائل داخل العيوب حتى يعطي اشارة عن مكان العيب وعليه فمن الضروري أن تكون العيوب نظيفة وخالية من أي مواد غريبة حتى يستطيع السائل التخلل داخل العيب ، ومن المهم ايضا اعطاء فترة كافية من الزمن تسمح للسائل بالنفاذ خلال العيوب .

٢ ـ اذا تم غسل السائل النافذ من داخل العيوب فاننا لانستطيع الحصول على نتيجة . وعليه فعند ازالة السائل النافذ الزائد من فوق سطح العينة فهناك احتمال از الته ايضا من داخل العيوب من ذلك نرى ان السوائل النافذة التي يمكن ازالتها بالماء قد لاتعطى نتيجة مرضية حيث غالبا ما يغسل السائل النافذ خلال العيوب السطحية الدقيقة اثناء عملية غسل السطح في حين نرى ان السوائل التي لاتغسل بالماء تعطي نتائج جيدة لان عملية الغسل تتم بعد اضافة مادة على سطح العينة تجعل السائل النافذ في صورة مستحلب وفي حين ان المستحلب المتكون من السهل ازالته بالماء يكون السائل النافذ خلال العيوب الدقيقة غير متأثر في الغالب بعملية الاستحلاب وتكون عملية ازالته اكثر صعوبة .

اما في حالة استعمال الصبغات الملونة كسائل نافذ فيجب اتخاذ الحذر في عملية تنظيف السطح بعد وضع السائل النافذ ويتم ذلك بواسطة منظف خاص او بواسطة قطعة قماش نظيفة .

٣ ـ أن الشقوق والعيوب السطحية النظيفة يمكن بسهولة اظهارها بواسطة السائل النافذ مهما كانت دقيقة في الحجم اما اذا كانت هذه الشقوق ملوثة فانها تؤثر بدرجة كبيرة على حساسية الاختبار بأحد هذه الطرق :

أ ـ قد تكون الشقوق مليئة تماما بالاوساخ مما يمنع السائل النافذ من التخلل داخلها .

ب ـ قد تكون الاوساخ من نوع يؤثر كيمياويا على المواد المضيئة و الملونة ويقلل من كفاءتها .

ج ـ قد تكون الاوساخ من النوع التي تقلل او تمنع تماما حدوث الخاصية الشعرية واللازمة لتخلل السائل النافذ .

٤ ــ كلما صغر حجم العيب كلما احتاج الى وقت اطول لاظهاره حيث ان السائل النافذ يتخلل ببطء خلال العيوب الدقيقة .

٥ ــ اذا كانت العيوب السطحية من النوع المسطح اي الواسع في الحجم وبعمق قليل كان من الصعب أظهاره الا باحتياجات خاصة حيث أن السائل النافذ يمكن أن يزال من هذه العيوب خلال عمليات الغسل لسطح العينة . وعليه في مثل هذه الاحوال من اللازم استخدام انواع من السائل النافذ التي يتم استحلابها فوق سطح العينة قبل عملية الغسل .

تحضير السطح للاختبار

كما سبق القول ان وجود اوساخ او مواد غريبة داخل الشقوق او العيوب تمنع او تقلل من كفاءة الاختبار وعليه يجب ان تكون الخطوة الاولى من الاختبار هي عملية تنظيف جيدة ــ ومن اهم طرق التنظيف استعمال البخار تحت ضغط Vapour degreasing حيث يمكن ازالة اي مواد غريبة يمكن اذابتها . اما المواد الغريبة الاخرى مثل الزيوت والورنيش والدهان وماشابه فيجب تنظيفها بالمذيبات الكيمياوية او الطرق المناسبة .

الصدأ والقشور

أن وجود الصدأ أو القشور على سطح العينة قد يحجز كمية من السائل النافذ تحته ويكون سببا في اعطاء نتائج مضللة وعليه يجب التخلص من هذه المواد ــ غير ان استعمال التنظيف بالرمل او الفرشاة الحديدية غير مسموح بها تماما حيث انه يمكن ان تسد فتحات العيوب بواسطة التشغيل على البارد Cold Working ولكن قد يسمح باستعمال الفرشاة الحديدية بخفة وحذر أو استخدام الرش بالرمل تحت ضغط قليل اذا كان سطح العينة ذا صلادة ٤٠ ركويل او اكثر .

الاحماض والكرومات

ان وجود هذه المواد على سطح العينة اثناء عملية الفحص يقلل كثيرا من كفاءة الاختبار حيث يقتل المواد المضيئة في السائل الفسفوري او يفقد الصبغات الوانها وعلى ذلك فيفضل فحص الالمنيوم قبل عملية الطلاء بالاستقطاب Anodizing والفولاذ S.S. قبل عملية الخمود passivatting والمغنيسيوم قبل عملية المعاملة بالكروم .

الزيوت والشحوم

يجب ازالة اي اثر للزيوت والشحوم فوق سطح العينة وداخل الشقوق قبل عملية الفحص ــ حيث ان بعض انواع منها لها خاصية نفاذ جيدة وايضا قد تكون ذات خاصية مضيئة تحت ضوء

مظلم مما يؤثر على نتائج الأختبار او يعطـــي اشارات كاذبة .

المـــاء

يجب ازالة الماء من سطح العينة وكذلك مـن الشقوق والعيوب السطحية حيث ان وجود المــاء داخل الشقوق يمنع دخول السائل النافذ اليهـا ـ وعليه يجب تجفيف السطح بالحرارة جيـدا قبـل عملية الفحص كما انه في حالة استعمال الصبغات الملونة فانه من العملي جدا اســتخدام السـائل المستعمل في أزالة السائل النافذ من فوق ســطح العينة في عمليات التنظيف الاولية أيضا .

السوائل النافذة المضيئة القابلة للغسل بالماء

ان هذه الانواع من السوائل النافذة كثــيرة الاستعمال في الصناعة اليوم وهي مختلفة الانواع والخواص وذات حساسية متفاوتة ومع ذلك فانهـا جميعا تحتوي على قاعدة زيتية وتحوي معها مواد استحلابية وعليه فانه يمكن غسلها تماما بالماء كما ان لها قدرة عالية على النفاذ وتعتمد علـى الخواص النوعية للمواد المستعملة وتعطي ضوء بين المتوسط والمبهر بلون اصفر الى اخضر فسفوري تحــت اشعاعات الضوء المظلم . وكحقيقة في مجـال الاختبارات غير المتلفة فاننا لانحتاج الى حساسية كبيرة وعلى ذلك فان اغلب المواد المستعملة من النوع متوسط الاضاءة وبها كمية مناسبة مـن المـواد المستحلبة التي تتيح غسل السطح مـن المـواد الزائدة بواسطة الرش بالماء .

أستخدام السائل النافذ

بالنسبة للاجزاء الصغيرة يمكن غمسها فـي السائل النافذ للفترة المطلوبة حسب الجدول التالي ـ اما بالنسبة للاجسام الكبيرة فيكفي طلاء السطح المطلوب اختباره بواسطة السائل مع وضع كمية كافية لتغذية عملية النفاذ ، كما يمكن استعمال السائل الفائض مرة أخرى اذا امكن . ، كما يجب أن لايزيد وضع السائل النافذ عن المدد المذكورة لان ذلك يبخر السائل النافذ ويجعل عملية الغسل بالماء أكثـر صعوبة .

المعدن	طريقة التصنيع	نوع العيب	الوقت اللازم لتخلل السائل النافذ- دقيقة	
			سائل قابل للفسل	سائل قابل للاستحلاب
الألمنيوم	مصبوبات	فقاعات هوائية ـ فجوات	٥ـ١٥	٥
	كبس وحدادة	تداخل طبقي Laps	٥ـ١٥	١٠
	لحام	اتصال غير جيد ـ فقاعات هوائية	٣٠	٥
	جميع الانواع	شقوق كلل	٣٠	١٠
مغنيسيوم	مصبوبات	فقاعات هوائية ـ فجوات	١٥	٥
	كبس وحدادة	تداخل طبقي	٣٠	١٠
	لحام	اتصال غير جيد ـ فقاعات هوائية	٣٠	١٠
	جميع الانواع	شقوق كلل	٣٠	١٠
فولاذ Stainless Steel	مصبوبات	فقاعات هوائية ـ فجوات	٣٠	١٠
	كبس وحدادة	تداخل طبقي	٦٠	١٠
	لحام	أتصال غير جيد ـ فقاعات هوائية	٦٠	٢٠
	جميع الانواع	شقوق كلل	٣٠	٢٠
نحاس ـ برونز	مصبوبات	فقاعات هوائية ـ فجوات	١٠	٥
	كبس وحدادة	تداخل طبقي	٣٠	١٠
	تغطية بالنحاس	اتصال غير جيد ـ فقاعات هوائية	١٥	١٠
	جميع الانواع	شقوق كلل	٣٠	١٠
بلاستيك	جميع الانواع	شقوق	٥ـ٣٠	٢
زجاج	جميع الانواع	شقوق	٥ـ٣٠	٥
عدد القطع الكاربيدية		اتصال غير جيد	٣٠	٥
		فقاعات هوائية	٣٠	٥
		شقوق تجايخ	١٠	٢٠

الغسل او الشطف بالماء

يجب ان تتم عملية الغسل بالماء بعد انتهاء الفترة اللازمة لتخلل السائل النافذ بواسطة رذاذ ماء مضغوط — لان الماء الجاري لايكفي في العادة — ويجب الاهتمام باماكن المسننات والثقوب — وعملية الرش الرذاذي مفيدة ومطلوبة لانها تسهل عملية الاستحلاب بواسطة العمل الفيزياوي لقطرة الماء المقذوفة على السطح . وهذه العملية يجب ان تتم تحت ضوء معتم لضمان ازالة جميع المواد المضيئة من قبل سطح العينة . للحصول على احسن النتائج بالسرعة المطلوبة يجبان تكون درجة حرارة الماء بين ٩٠—١١٠°ف . ودرجة الحرارة اعلى من ذلك قد تسبب في ازالة السائل النافذ خلال العيوب السطحية الكبيرة والقليلة العمق ويجب استعمالها بحذر . كما يمكن استعمال الماء في درجة حرارته الاعتيادية بين ٥٠—٧٠°ف غير انه يتطلب وقت اطول .

استعمال المظهر الرطب

اذا استعمل المظهر الرطب فيجب استخدامه مباشرة بعد عملية الغسل ويمكن غمس القطع الصغيرة في حوض من المظهر بنفس طريقة استعمال السائل النافذ . ولكن يجب اخراج القطع بسرعة من المظهر خشية تكون حوض من المظهر فوق العيب يمنع من اظهاره . بعد ذلك تجفف القطع للتخلص من ماء المظهر ويمكن استعمال مجففات الهواء الحار في ذلك وفي حدود درجة حرارة بين ٢٠٠ الى ٢٢٥°ف . كما ان الوقت اللازم اذاك هو فقط حتى يتم جفاف المظهر فوق السطح — لانه بزيادة التجفيف قد يبخر بعض من السائل النافذ مما يقلل من كفاءة الاختبار — ولنفس السبب لايفضل ان تكون درجة حرارة المجفف اعلى من ٢٥٠°ف .

استعمال المظهر الجاف

اذا استعمل المظهر الجاف فانه يجب تجفيف السطح مباشرة بعد عملية الغسل ثم يستخدم المظهر الجاف أما بغمس القطعة في خزان من مسحوق المظهر او استخدام رشاش للمسحوق . ويجب ترك المظهر لفترة تساوي ٢/١ فترة استخدام السائل النافذ حتى يمكنه جذب السائل النافذ من العيوب .

الفحص : —

يقوم الفاحص بفحص السطح تحت ضوء معتم وفي مكان مظلم — فتظهر العيوب مضيئة واضحة .

السوائل النافذة المضيئة القابلة للغسل بعد الاستحلاب

للسوائل النافذة المضيئة والتي تستحلب قبل الغسل من فوق سطح العينة مميزات اهمها مايلي :—

١ — انها اكثر حساسية لاظهار العيوب مهما كانت دقتها .

٢ — انها تعمل بصورة افضل من الطريقة السابقة في حالة وجود عيوب ملوثة بالاقذار .

٣ — بواسطتها يمكن اظهار العيوب ذات الاسطح المتسعة وقليلة العمق مثل الخدوش السطحية وعلامات التصنيع وخلافه .

٤ — يمكن بواسطتها الحصول على نتائج افضل بالنسبة لاعادة الفحص لعينات سبق فحصها بطرق مختلفة .

٥ — تعتبر اسرع في انجازها من الطريقة السابقة .

٦ — هي الطريقة المعتمدة فقط في فحص التيتانيوم .

النفاذ Penetration

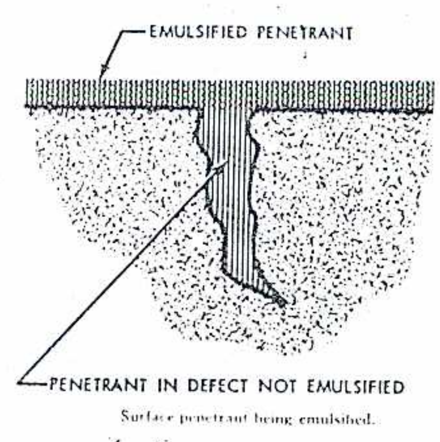
في هذه الطريقة تستخدم نفس المواد المضيئة ذات القاعدة الزيتية ولكن بدون اضافة المواد المكونة للاستحلاب وعليه لايمكن غسلها بالماء بخلاف الطريقة السابقة وتتميز بان لها نفاذ عالية — لاحظ الجدول السابق — واذا تحتاج الى نصف وقت النفاذ بالنسبة للطريقة السابقة .

بعد انقضاء فترة النفاذ توضع على سطح العينة مواد مساعدة تكون مستحلب مع كمية السائل الفائض فوق سطح العينة بعد ذلك يمكن غسل العينة كما بالرسم أدناه .

ثم بعد ذلك تكمل اجراءات الاختبار كما بالطريقة السابقة .

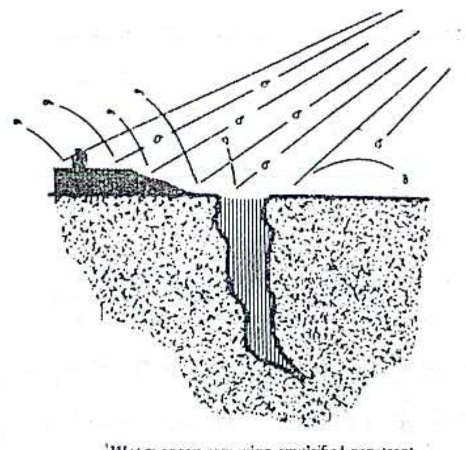
السوائل النافذة الملونة « الصبغات »

تستعمل الصبغات الملونة كسائل نافذ بنفس الخطوات السابقة تقريبا وقد يكون السائل النافذ من النوع القابل للغسل بالماء او القابل للاستحلاب بالماء واختيار اي من الطريقتين يعتمد على نفس الاسس التي تمت مناقشتها فيما سبق ، وتمتاز هذه الطريقة انه يمكن اظهار العيب في الضوء العادي ولكن بحساسية اقل ، ايضا فان الاهتمام بتنظيف السطح قبل استعمال السائل من الامور الاساسية لنجاح الاختبار . ويمكن استعمال المنظفات القاعدية او التنظيف بالبخار او المذيبات المناسبة للتخلص من الاقذار على سطح العينة . وفيما يلي جدول بفترات النفاذ المناسبة حسب طبيعة العينة .



Surface penetrant being emulsified.

شكل رقم (٥٦)


Water spray removing emulsified penetrant.

شكل رقم (٥٧)

نوع المعدن وحالته	نوع العيب	وقت النفاذ ــ دقيقة درجة الحرارة ٦٠ــ٩٠°ف	 درجة الحرارة ٣٥ــ٦٠°ف
جميع المعادن	شقوق المعاملات الحرارية	١٠ــ١٥	٣ــ٥
جميع المعادن	شقوق التجاليخ	١٥ــ٢٠	٧ــ١٠
جميع المعادن	شقوق الكلل	١٥ــ٢٠	٧ــ١٠
البلاستيك	الشقوق	١٠ــ١٥	٣ــ٥
السيراميك	الشقوق	١٠ــ١٥	٣ــ٥
السيراميك	الفقاعات الهوائية	١٠ــ١٥	٣ــ٥
عدد القطع			
اللقم الكاربيدية	لحام برأس غير جيد	١٠ــ١٥	٣ــ٥
عدد القطع	شقوق في اللقمه	١٠ــ١٥	٣ــ٥
عدد القطع	شقوق في جسم العدة	١٠ــ١٥	٣ــ٥
المسبوكات	شقوق فرق الانكماش	١٠ــ١٥	٣ــ٥
المسبوكات بالضغط	الفقاعات السطحية	١٠ــ١٥	٣ــ٥
المسبوكات بالضغط	الفجوات	١٠ــ٢٠	٣ــ٢٠
الكبس والحدادة	الشقوق ــ تداخل طبقي	١٥ــ٢٠	٧ــ٢٠
الدرفلة Rolling	الحزات Seams	١٥ــ٢٠	٧ــ٢٠
لحامات الالمنيوم	الشقوق والفجوات	١٠ــ١٥	٣ــ٥
لحامات الحديد	الشقوق والفجوات	١٥ــ٢٠	٧ــ٢٠

سادسا :ـ الفحص المغناطيسي

اعداد المهندس

علي احمد مصطفى حماد

يعتبر الفحص المغناطيسي اداة ذات فاعلية كبيرة في مجال الفحص غير المتلف واكتشاف الشقوق في المعادن خاصة الدقيقة منها والتي لايمكن اكتشافها بالعين المجردة وتتلخص طريقة الفحص في النقاط التالية :ـ

١ ـ بث مجال مغناطيسي مناسب في قطعة الاختبار •

٢ ـ استخدام جزيئات مغناطيسية على سطح عينة الاختبار •

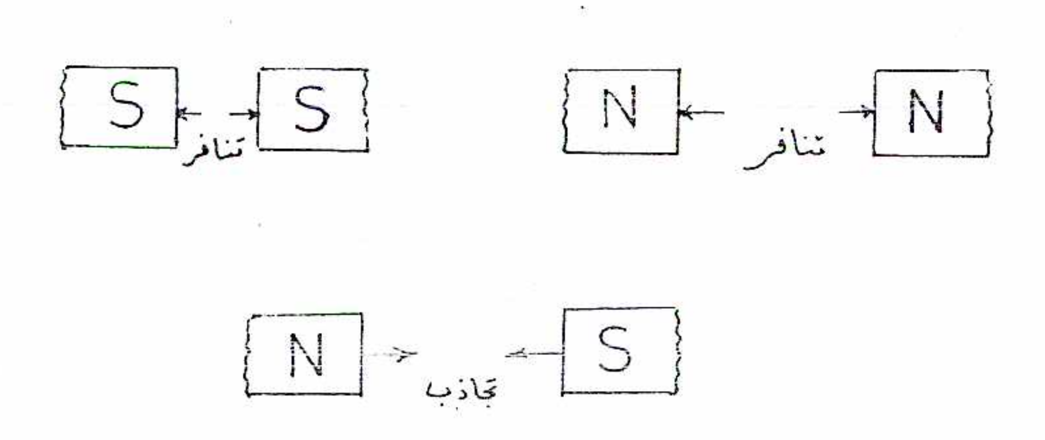
٣ ـ فحص سطح القطعة واكتشاف اماكن تركيز او تكوم الجزيئات حول العيوب وتقرير صلاحية قطعة الاختبار ••

وفي استطاعة هذه الطريقة اكتشاف العيوب السطحية جميعها ومناطق الانفصال ويمكن تحت ظروف خاصة اكتشاف العيوب المختفية تماما تحت السطح ويعتمد ذلك على الخواص المغناطيسية لقطعة الاختبار واذا كان معدن قطعة الاختبار قابل للمغنطة بصورة كبيرة • اما المعادن غير المغناطيسية فلايمكن فحصها بهذا الاختبار مثل الالمنيوم والمغنيسيوم والنحاس البرونز والرصاص والفولاذ Stainless Steel والمعادن القابلة للمغنطة بصورة جيدة يمكن فحصها بهذه الطريقة بدقة عالية ويستطيع الفاحص المتمرن اكتشاف طبيعة وحجم العيب وكذا مدى خطورته من الناحية الوظيفية القطعة •

ويجب أن يكون سطح قطعة الاختبار نظيف وتعتمد مقدرة الطريقة على اكتشاف العيوب على مقدرة الجزيئات المغناطيسية على التحرك على سطح قطعة الاختبار وتوزيع نفسها بحرية حسب توزيع المجال المغناطيسي ومناطق تكون الاقطاب في مناطق الانفصال او العيوب على سطح العينة وفي اثناء وضع الجزيئات المغناطيسية سواء في الهواء (الطريقة الجافة) أو في وجود سوائل مثل الزيت او الماء (الطريقة الجافة فيجب تنظيف السطح من الاوساخ والشحوم والزيوت والصدأ والقشور والا فانه يكون من الصعب او المستحيل اكتشاف مناطق العيوب او الانفصال • وجميع طرق تنظيف السطح يمكن مراجعتها في الباب الخامس من هذا الفصل (المحاليل النافذة) •

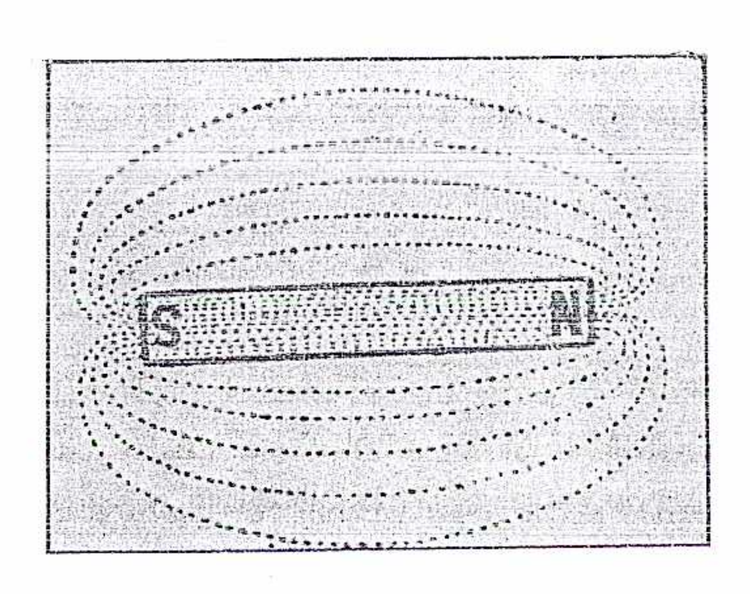
المجال المغناطيسي

كما نعلم أن المغناطيس له خاصيه جذب قطع الحديد كما ان للمغناطيس قطبين مختلفين احدهما يسمى القطب الجنوبي والاخر يسمى القطب الشمالي • فاذا وضع قطب شمالي لمغناطيس مواجه الى قطب شمالي اخر لمغناطيس ثاني نجد ان هناك تنافر وتباعد بين الاقطاب • كما نلاحظ نفس هذا التنافر أذا كان القطبين جنوبيين في حين أنه أذا كان قطب شمالي يواجه قطب جنوبي نجد ان هناك تجاذب بين الاقطاب • اي انه يحدث تجاذب اذا أختلفت الاقطاب ويحدث تنافر أذا تشابهت الاقطاب كما بالشكل (٥٧) :



شـــكل رقـــم ٥٧

مما سبق يتضح ان هناك قوى مغناطيســـــية ذات اتجاهات معينة وللتعرف على شكل توزيــــع هذه القوى او مايسمى المجال المغناطيسي فبامكاننا وضع ورقة على مغناطيس ويرش فوقها برادة حديد ناعمة ثم نهز الورقة بلطف ، نجد أن برادة الحديد اتخذت شكل معين حسب توزيع خطــوط المجــال المغناطيسي كما بالشكل (٥٨) : —



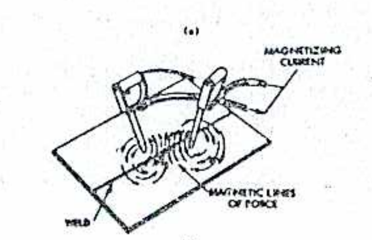
شـــكل رقـــم ٥٨

المجال المغناطيسي للتيار الكهربائي

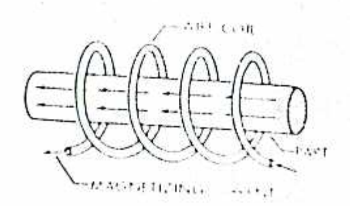
اذا وضعنا ابرة مغناطيسية بالقرب من سلك يمر به تيار كهربائي مستمر نجـــد ، ان الابــرة المغناطيسية قد غيرت اتجاهها واتخذت اتجاه جديد فاذا ابعدنا الابرة عن السلك نجد انها تعود الــــى وضعها الاصلي مما يدل على ان التيار الكهربائـــي له القدرة على تكوين مجال مغناطيسي ويمكــــــن الاستدلال على هذه الظاهرة اذا جعلنا سلك يمــر خلال ورقة ووضعنا فوق الورقة برادة الحديــــد الناعمة ـ عند مرور تيار كهربائي خلال السلك وبهز الورقة بلطف نجد ان برادة الحديد اتخذت شـــكل معين تبعا لشكل المجال المغناطيسي للتيار المار مـــن السلك حسب الشكل (٥٩) :

وعلى نفس المنوال نجد انه لو مر تيــــــار كهربائي مستمر خلال سلك ملفوف حول قضيب من الحديد اصبح هذا القضيب له خواص المغناطيســـ كما بالشـــكل (٦٠) : ـ

ان وجود شق في قطعة ممغنطة يجعل خطوط المجال تنحرف وتنشأ أقطاب متنافرة على وجهـي الشق كما بالشكل(٦١)مما يجذب الجزيئات المغناطيسية على حدوده ، ويظهر وجود الشق ، كما وان شـــدة مجال الاقطاب المتكونة على حدود الشق تعتمد على عدد خطوط المجال التي حدث لها اضطراب نتيجـــة وجود الشق ، فاذا كان الشق عمودي على خطوط المجال فانه يقطع عدد اكبر منها ويكون اقطاب قوية



شـــكل رقـــم ٥٩



شـــكل رقـــم ٦٠

أقوى مما لو كان الشق موازي لخطوط المجال •

معدات الفحص بالجزيئات الممغنطة :ـ

توجد اكثر من خمسين طريقة قياسية مختلفـة تعمل بها اجهزة الفحص بالجزيئات الممغنطة في مجال الصناعة • كما ان هناك اكثر من مائة طريقـة للاستخدامات الخاصة ومازال البحث جاريـا لاستنباط طرق واجهزة جديدة لمواجهة الاحتياجـات الجديـدة •

تقسيم معدات الفحص

١ ـ حسـب نوع وطريقة المغنطـة

أ ـ استعمال تيار متردد A.C.

ب ـ استعمال تيار ثابت D.C.

ج ـ تيار (١/٢) موجه مقوم Rectified H.W.D.C.

د ـ استعمال تيار مركب « عدة تيارات »

هـ ـ استعمال مغناطيس دائم

٢ ـ حسب طبيعة ومكان الفحص

أ ـ وحدات متنقلـة

وتستعمل هذه الوحدات المتنقلة للفحص الحقلـي سواء للمنشآت الملحومة او المصبوبات الكبيرة •

ب ـ وحدات ثابتة ، توضع في مراكز الفحص مع استعمال الرافعات او السكة المتحركة لنقـل القطع المراد فحصها •

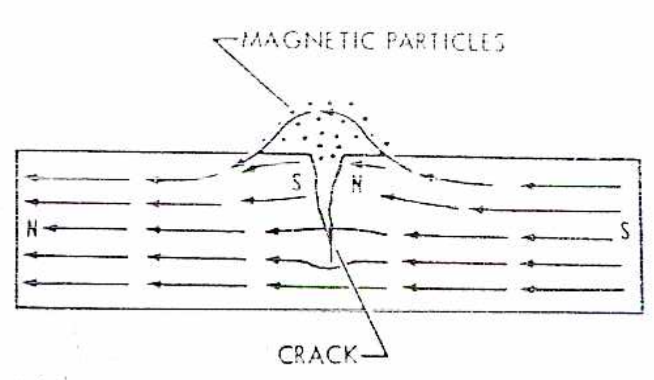
ج ـ وحدات ثابتة داخل خطوط الانتاج ويتم المناولة للقطع أوتوماتيكيا أو نصف أوتوماتيكي .و يدوي وقد يتم الفحص على نسبة من الانتاج أو ١٠٠٪ مـن الانتـاج •

٣ ـ حسب نوع المواد المستعملة

أ ـ استعمال الطريقة الرطبة

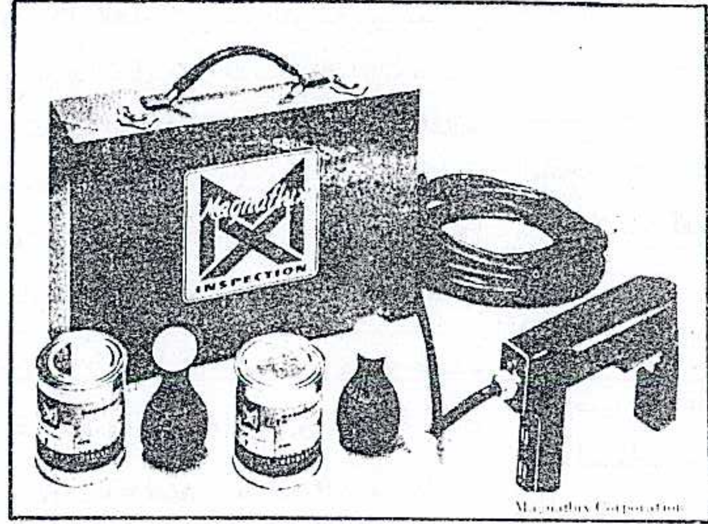
ب ـ استعمال الطريقة الرطبة ذات سـوائل مضـيئة Fluorescent •

د ـ استعمال مسحوق جاف يرش يدويا او ميكانيكيا •



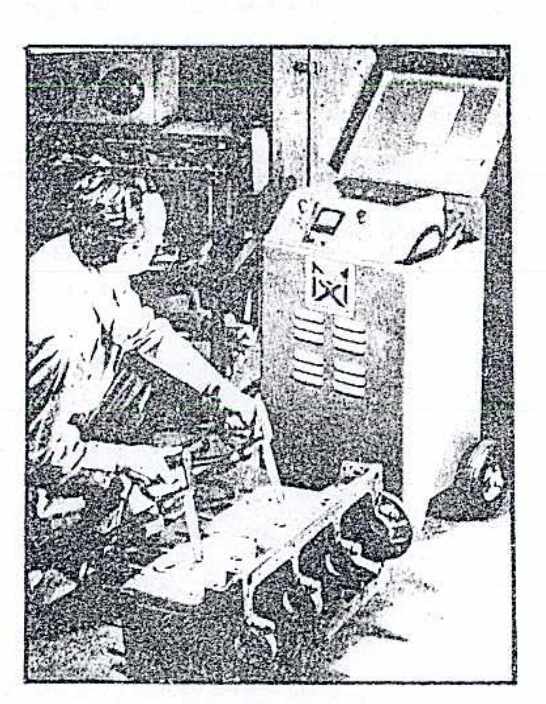
شـكل رقـم ٦١

A crack in a bar magnet creates magnetic poles which attract magnetic particles.



Hand-held electromagnetic yoke kit for magnetic-particle inspection.

شـكل رقـم (٦٢)



Medium cable magnetizing unit.

شـكل رقـم (٦٣)

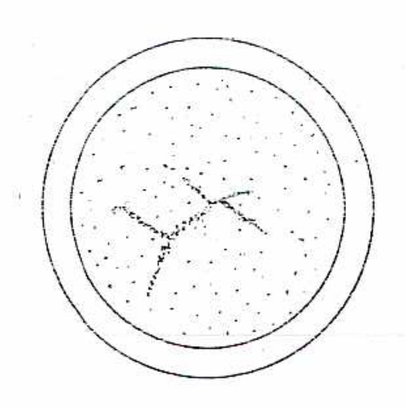
١ ــ الفحص ببرادة الحديد

يستخدم لهذا النوع من الفحص مسحوق برادة الحديد الناعم جدا المخلوط بزيت البرافين ويحضر السائل ويمزج جيدا قبل بدء الاستعمال . توضع العينة المراد فحصها في مجال مغناطيسي قوي ثم يدهن السطح بطبقة رقيقة من السائل المحضر . فاذا كان هناك عيب داخلي في المعدن كالشقوق مثلا فانها تقطع خطوط المجال المغناطيسي وتتكون اقطاب مغناطيسية جديدة على حدود العيب وتجذب هذه الاقطاب برادة الحديد بصورة اكبر ويتكون شكل العيب الداخلي بواسطة تكدس برادة الحديد على حوافه . واحيانا يتم هذا الفحص بصورة سريعة واسهل باستعمال وعاء على شكل قرص محفوظ به سائل برادة الحديد ووجه شفاف . يوضع هذا القرص بعد رجه جيدا على السطح المراد فحصه وفي وجود المجال المغناطيسي فيظهر العيب خلال السائل كما بالشكل رقم (٦٤) ومن مميزاته انه دائم الاستعمال ويمكن تثبيته في أي وضع .

غير أن عيوب هذه الطريقة كونها تصلح فقط للمواد الحديدية القابلة للتمغنط ، وانها قادرة فقط على اكتشاف العيوب السطحية او القريبة من السطح . أيضا يجب أن يكون السطح مشغل على الماكينات Polished machined .

٢ ــ الفحص بواسطة الملف الباحث Search Coil

تمغنط القطعة المراد فحصها أو أن يمرر بها تيار كهربائي عالي ، بعد ذلك يحرك الملف الباحث على السطح وهو متصل بجلفانومتر حساس . فاذا كان هناك عيب داخلي او شق في القطعة فانه سوف يغير من شدة المجال المغناطيسي في هذه النقطة وبالتالي فانه يغير التيار المار في ملف الباحث ويحدث التغير في مؤشر الجلفانومتر وهذه الطريقة تمتاز عن الطريقة السابقة في كونها لاتحتاج الى سطح مشغل كما انها تستطيع اكتشاف العيوب تحت السطح لحدما .



شكل رقم ٦٤

سابعا :ـ الفحص المجهري

اعداد المهندس /

علي احمد مصطفى حماد

نستطيع بالفحص المجهري التعرف على كثير من خواص وحالة المعدن مثل حجم البلورات والتركيب البلوري Phase وتعيين نسبة الكربون في الحديد منخفض الكربون والعيوب الدقيقة في المعدن مثل الشقوق المجهرية hair cracks والشوائب slag والانزلاق البلوري dislocation

حجم البلورات Grain size

من المعروف ان هناك علاقة بين حجم البلورات وبين الخواص الميكانيكية للمعدن ويمكن تعريف متانة الشد بمقدار القوة اللازمة لاحداث انزلاق بلوري على مقطع العينة وعلى ذلك فان حجم البلورات أو مساحة أسطحها ذات تأثير مباشر على متانة الشد او الضغط او القص وتحدد المواصفات حجم بلورات المعدن خصوصا في عمليات المعاملة الحرارية مثل التقسية hardening او المراجعة Tempering او المعادلة normalizing او التخمير annealing .

تعيين حجم البورات للحديد الاوستينيتي

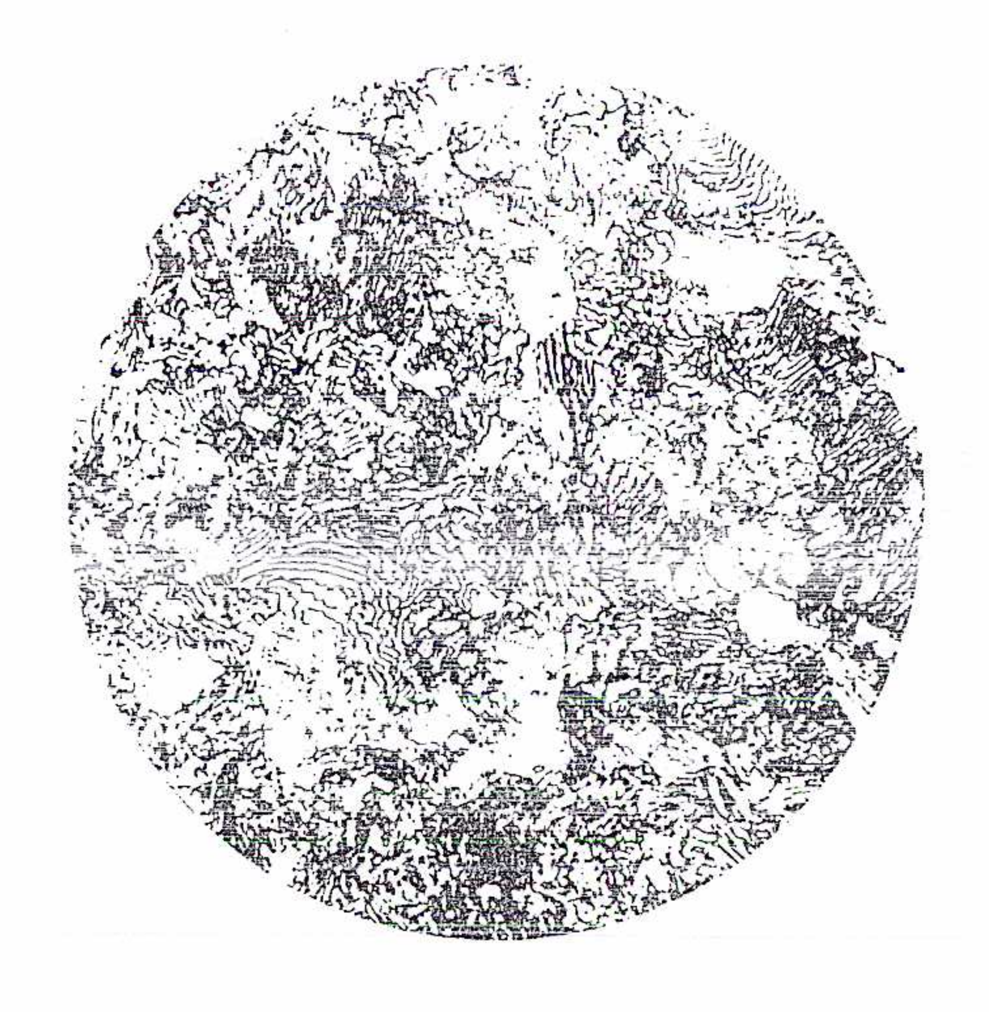
عندما يبرد الحديد من حالة Austentic condition الى حالة hypoeutectoid steel اسفل الخط S.K في مخطط الاتزان الحراري للحديد والكربون Iron-carbon Equilibrum diagrame

كما بالشكل أدناه فأن السمنتايت cementite يكون مترسب على حدود البلورات وعلى ذلك يمكن تحديد حجم البلورات grain size وذلك بتحضير العينة للفحص المجهري etching باستعمال محلول مناسب مثل محلول فيتال او بكرال او بكرات الصوديوم القاعدي alkaline sodium picrate أما

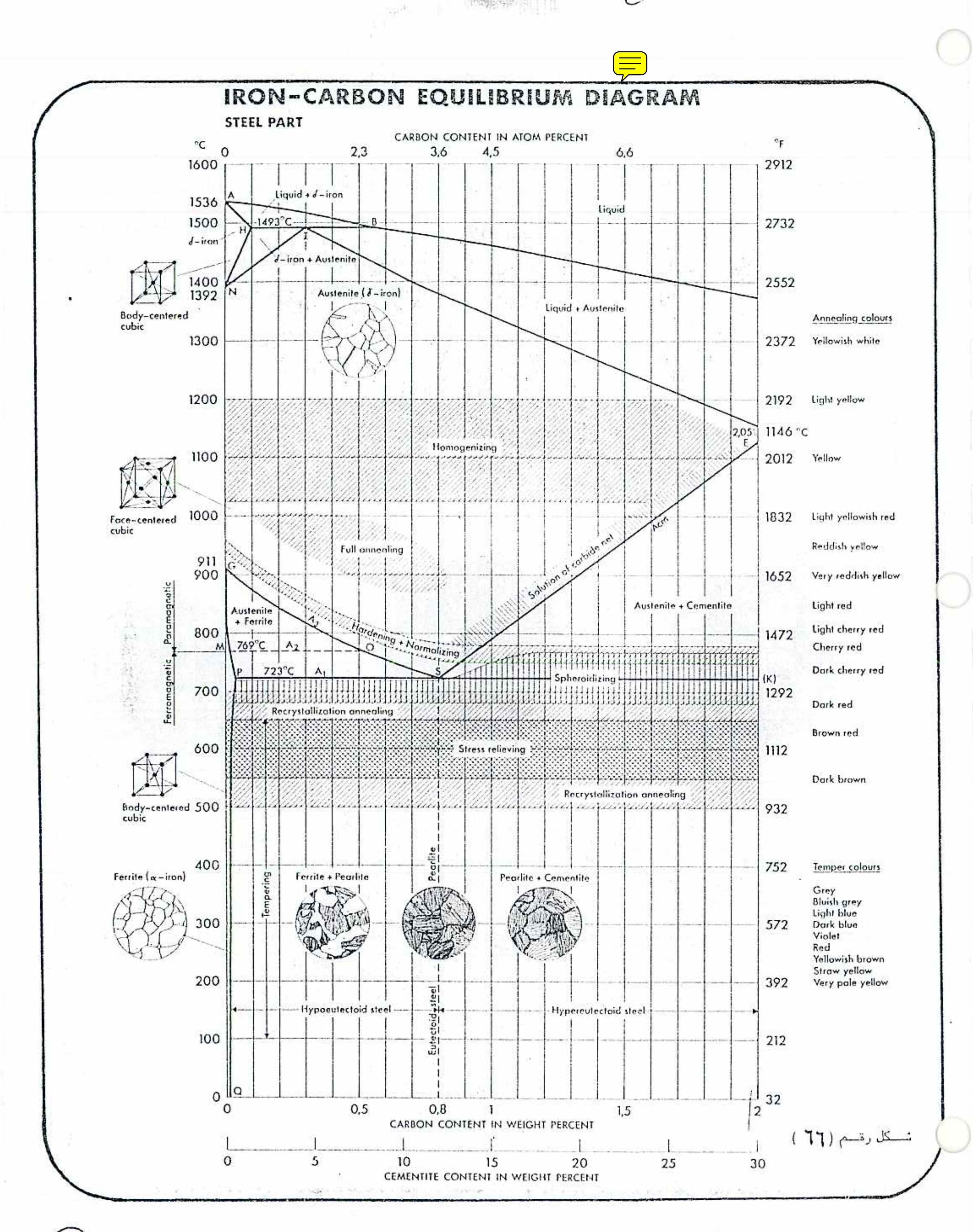
اذا كانت نسبة الكربون اقل من ٨٣ر٠٪ بالوزن فانه بتبريد الحديد من حالة Austentic condition الى حالة hypoeutectoid steel اسفل الخط A1-S في مخطط الاتزان الحراري فان ترسب الفيرايت Ferrite على حدود البلورات يمكننا ايضا من اظهار حجم البلورات .

اما اذا كانت نسبة الكربون ٨٣ر٠٪ فانه بتبريد الحديد من حالة الاستنيت الى حالة Eutectoid steel والذي يظهر تحت المجهر على هيئة طبقات من الفيرايت Ferrite والسمنتايت cementite وهو مايعرف بالشكل البيرليني pearlite اي اللؤلؤ لكون مظهره المخطط خطوط سوداء وبيضاء لامعة نتيجة انعكاسات الضوء على طبقات الفيرايت والسمنتايت.

ويمكن تعيين حجم البلورات في هـذه الحالـة بملاحظة اختلاف اتجاه تكون الطبقات او الخطوط في كل بلورة عن الاخرى •

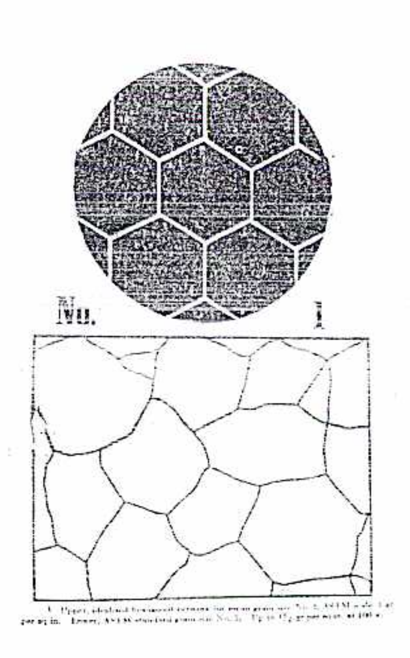


شـكل رقـم (٦٥)

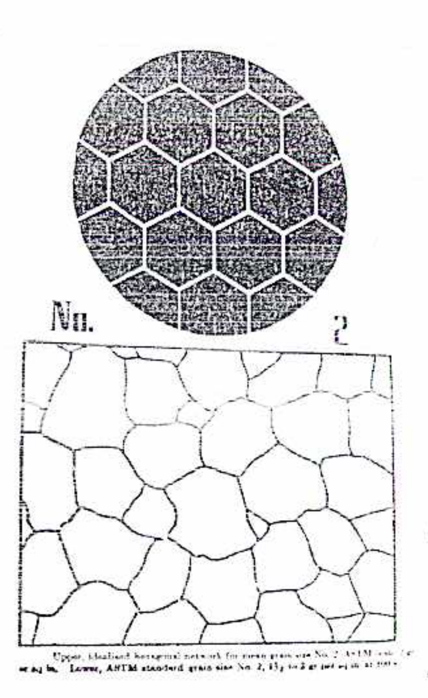


شــكل رقــم (٦٦)

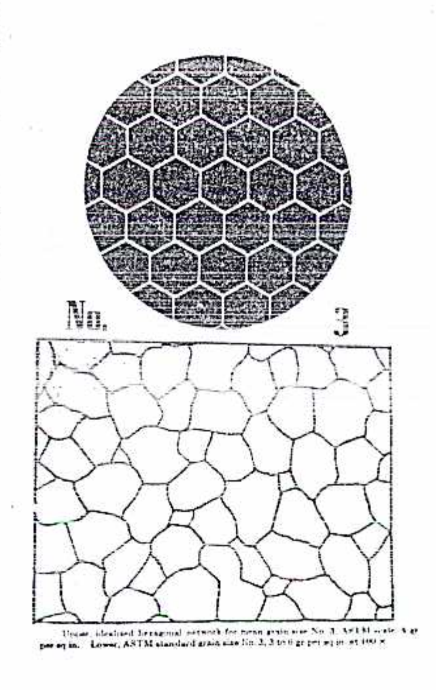
ولقياس حجم البلورات فان هناك مقاييس مختلفة تنظمها المواصفات ـ وحسب مواصفات A.S.T.M. يوجد مقياس من ١ الى ٨ وهو عبارة عن ٨ رسومات شبكية مختلفة الاحجام يقارن بها حجم بلورات المعدن عند تكبير ١٠٠ ويمثل رقم (١) أكبر حجم للبورات ورقم (٨) أصغر حجم كما بالاشكال التالية (٦٧) (٦٨) (٦٩) : ـ



Upper, idealized hexagonal network for mean grain size No. 1, ASTM scale. 1 gr per sq in. Lower, ASTM standard grain size No. 1, Up to 1½ gr per sq in. at 100 ×



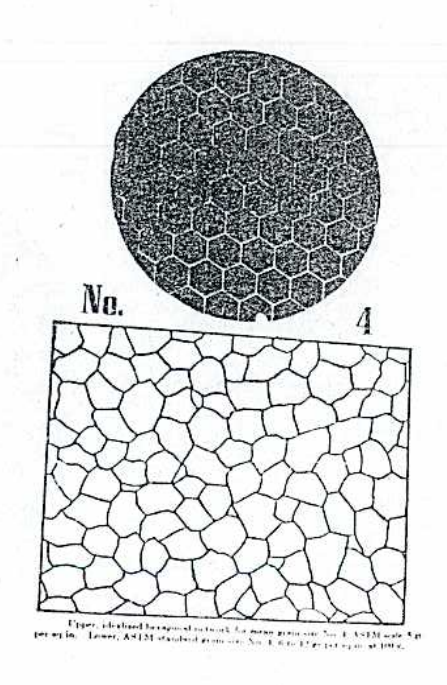
Upper, idealized hexagonal network for mean grain size No. 2 ASTM scale. 2 gr per sq in. Lower, ASTM standard grain size No. 2, 1½ to 3 gr per sq in. at 100 ×



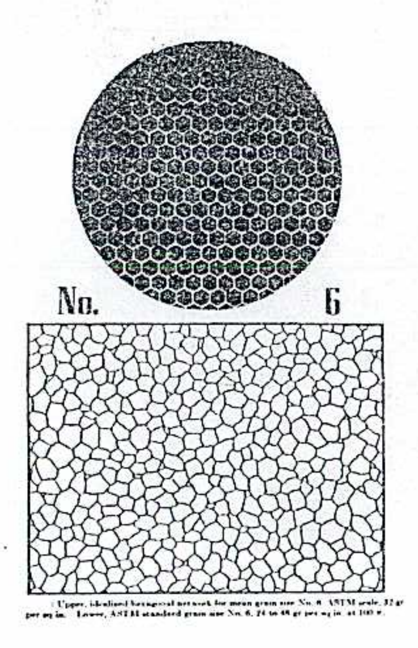
Upper, idealized hexagonal network for mean grain size No. 3, ASTM scale. 4 gr per sq in. Lower, ASTM standard grain size No. 3, 3 to 6 gr per sq in. at 100 ×

شكل رقم (٦٧)

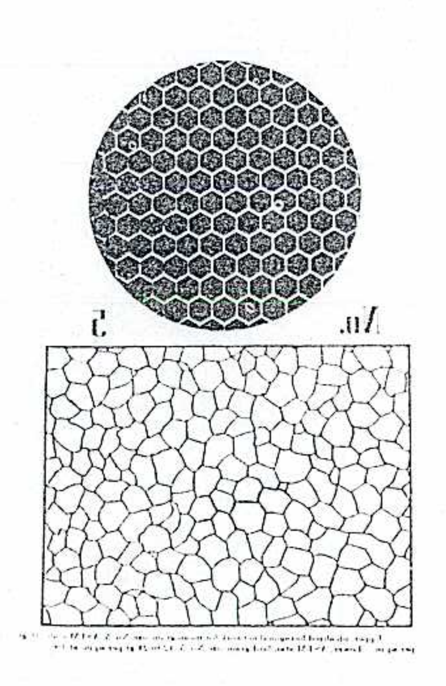




Upper, idealized hexagonal network for mean grain size No. 4, ASTM scale, 8 gr per sq in. Lower, ASTM standard grain size No. 4, 6 to 12 gr per sq in. at 100×.



Upper, idealized hexagonal network for mean grain size No. 6, ASTM scale, 32 gr per sq in. Lower, ASTM standard grain size No. 6, 24 to 48 gr per sq in. at 100×.



شـــكل رقـــم (٦٨)

No. 7

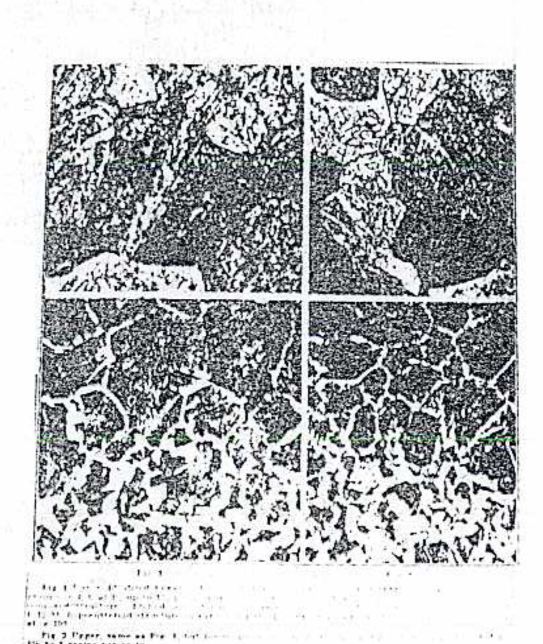
Fig. 2 Upper, idealized hexagonal network for mean grain size No. 7, ASTM scale, 64 gr per sq in. Lower, ASTM standard grain size No. 7, 48 to 96 gr per sq in at 100×.

No. 8

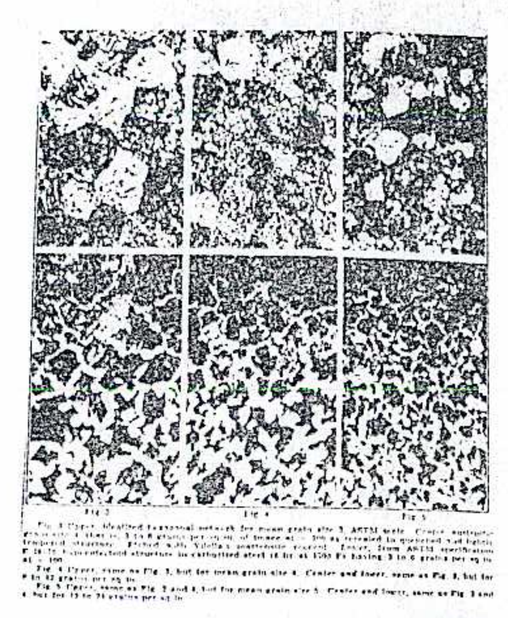
[illegible]

شكل رقم (٦٩)

والمخطوطات السابقة تستعمل للحالات التالية للحديد الاوستينيتي أما أذا كان الحديـــد الاوستينيتي معامل بالكربنة carburized Case فيستعمل مجموعة اخرى من المقاييس عبارة عن مجموعة صور مقسمة أيضا من ١ الى ٨ كما بالاشكال (٧٠) (٧١) (٧٢) : —



شكل رقم (٧٠)



شكل رقم (٧١)

شكل رقم (٧٢)

والجدول التالي يعطي العلاقة بين مقيـــــاس A.S.T.M. وعدد البلورات في كل انج مربع ومن خلال المجهر بتكبير ١٠٠ مرة :ــ

حجم البلورات حسب مقياس A.S.T.M.	عدد البورات لكل أنج مربع مرئي من خلال المجهر بتكبير ١٠٠ مرة		القطر المكافىء لكرة من حجم البلورة « بــدون تكبيــر »	
	متوسط	مــدى	انــج	ملــم
١	١	٣/٤ — ١ ١/٢	٠ر٠١١٣	٠ر٢٨٧
٢	٢	١ ١/٢ — ٣	٠ر٠٠٨٠٠	٠ر٢٠٣
٣	٤	٣ — ٦	٠ر٠٠٥٦٧	٠ر١٤٤
٤	٨	٦ — ١٢	٠ر٠٠٤٠٠	٠ر١٠١
٥	١٦	١٢ — ٢٤	٠ر٠٠٢٨٣	٠ر٠٧١٨
٦	٣٢	٢٤ — ٤٨	٠ر٠٠٢٠٠	٠ر٠٥٠٧
٧	٦٤	٤٨ — ٩٦	٠ر٠٠١٤٢	٠ر٠٣٥٩
٨	١٢٨	٩٦ — ١٩٢	٠ر٠٠١٠٠	٠ر٠٢٥٤

أيضا فان هذه المقاييس متوفرة على هيئــة سلايدات Slides شفافة توضع في المجهـــر او ان تكون مرسومة على العدسة العينية بحيــث أن صورتها فوق العينـــة وبتطابــق حجـــــم البلورات مع اي من المقاييس يدل على تســـــاوي حجم البلورة مع رقم المقياس •

أما اذا كان حجم البلورات أكبر من المقياس رقم (١) فان المواصفة تعطي مقياسين اضافيين ارقام 00 ويمكن تحديد هذين الحجمين باستعمال المقياسين رقم ١و٢ وبجعل التكبير ٥٠ ضعف بدلا من ١٠٠ ضعف • أما أذا كان حجم الحبيبات اصغر من المقياس رقم ٨ فان المواصفة تعطي مقياسين اضافيين ايضا هم ارقام ٩ و ١٠ ويمكن تحديد هذين الحجمين باستعمال المقياسين رقم ٧و٨ وبجعل التكبير ٢٠٠ ضعف بدلا من ١٠٠ ضعف •

تحديد نسبة الكربون

يمكن تحديد نسبة الكربون في الحديد بواسطة الفحص المجهري عن طريق تقدير مساحة بلورات البيرلايت ومساحة بلورات الفيرايت ، فمن المعروف أن تركيز الكربون في بلورات البيرلايت ٨٣ر٠٪ وتظهر هذه البلورات عند مراقبتها مجهريا بتكبير عالي بشكلها المخطط الناتج من تجمد السمنتايت والفيرايت في نفس الوقت على هيئة طبقات متتالية• اما بلورات الفيرايت فتظهر عند مراقبتها مجهريا بيضاء اللون وبها نقط قليلة سوداء من انباتات السمنتايت ونسبة الكربون في بلورات الفيرايت هي ٠٠٦و٠٪ •

اما اذا كان الحديد متكامل في تكوينه البيرليتي ١٠٠٪ بيرلايت فتظهر جميع البلورات تحت المجهر بتكوين بيرليتي مخطط الشكل وتختفي بلورات الفيرايت البيضاء ويعني ذلك ان نسبة الكربون في الحديد في حدود ٨٣ر٠٪ وهذا النوع من الحديد ما يطلق عليه صلب العدة والمستخدم عادة في صنع الات القطع •

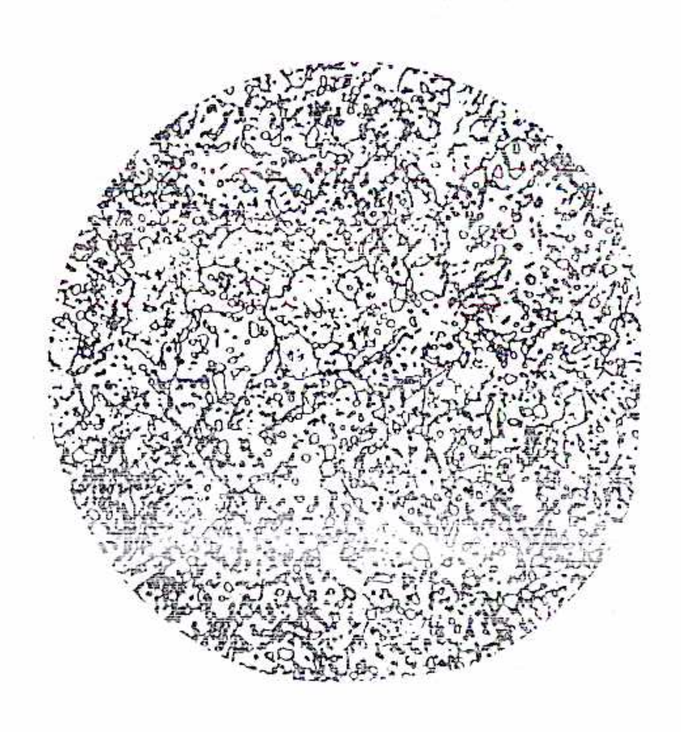
واذا زادت نسبة الكربون في الحديد عن ٨٣ر٠٪ وحتى نسبة ٧ر١٪ فان شكل العينة تحت المجهر يكون من بلورات البيرلايت بجانب تكوينات سمنتايتيه على حدود البلورات وتظهر كما لو كانت البلورات منفصلة عن بعضها او ان حدودها ذات خطوط سوداء عريضة على هذا التركيب فوق البيرليتي ويكون من الصعب تحديد نسبة الكربون بدقة في هذا المجال •

مظهر تكوين وتفكك البيرلايت عند الفحص المجهري

يحتوي الاوستينايت Austenite نوع F.C.C. المشبع بالكربون على انباتات من السمنتايت Cementite التي تحاول عند التبريد أن تنمو مبتدئة على حدود البلورات حيث يكون مراكز تجمعها عاده واثناء نموها تنتزع الكربون من المناطق المحيطة بها تاركة هذه فقيرة من الكربون اي حديد α فيرايت Ferrite وعلى هذا المنوال يسير النمو في طرق متوازية تقريبا احدها يمثل نموسيمنتيتي والاخر يمثل نمو فريتي Ferrite ويكون الناتج غير متجانس Heterogeneous وبشكل طبقي دقيق من الفيرايت والسمنتايت وهو ما يطلق عليه أسم البيرلايت والذي يظهر بشكله المخطط تحت الفحص المجهري •

ويستطيع الفاحص التعرف على ظروف التبريد

من شكل بلورات البيرلايت فكلما كان التبريد سريعا كلما كانت الخطوط دقيقة في تجمعها . أما اذا كان التبريد بطيئا ظهرت خطوط البيرلايت غليظة . وفي حالات التخمير annealing وازالة الاجهادات stress relieving فاننا نحاول الاحتفاظ بمركب البيرلايت عند درجة منخفضة قليلا عن درجة تكوينه ٧٢٣°م ولزمن طويل نوعا فان السمنتايت المتكون (أحد طبقات البيرلايت) يتغير شكله من الشكل الطبقي الى شكل متكور وذلك بسبب تغير التوتر السطحي له عند هذه الدرجة تاركا الفيرايت يحيط به وعند الفحص المجهري لهذه الحالة يظهر البيرلايت المحبب كما بالشكل (٧٣) : —



شكل رقم ٧٣

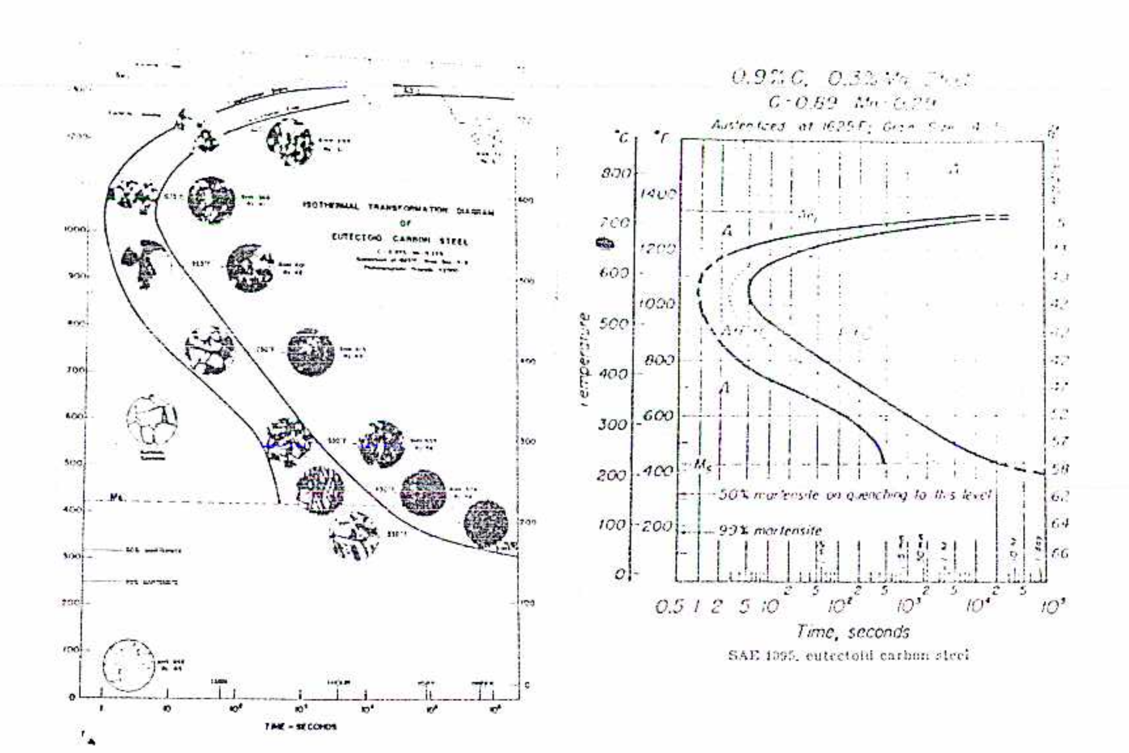
لذا يكون اقل قساوة من البيرلايت المخطط وتزول الاجهادات الداخلية ، وفي بعض الحالات الخاصة عند تبريد الحديد المحتوي على ١ر٠٪ كربون تبريدا بطيئا جدا يحدث تفكك للبيرلايت فيتجمع جزء الفيرايت مع بلورات الفيرات الموجودة اصلا ويتجمع السمنتايت حينئذ في خطوط عريضة على حدود حبيبات الفيرايت الجديدة ولكون السمنتايت مركب صلد وهش فان تشقق هذا النوع من الحديد عند تشكيله على البارد امر متوقع .

مما سبق تبينا ان البيرلايت المخلط يتكـون بالتبريد البطىء في الهواء الراكد امـا اذا ازدادت سرعة التبريد باستخدام تيارات من الهـواء او السوائل المختلفة كما في عمليات المعاملة الحراريـة فان المركبات الناتجة تختلف كل الاختلاف عـن ماسبق • فازدياد سرعة التبريد الى حدودهـا القصوى بالتبريد في الماء والتي يطلق عليها عمليـة الطش Quenching هي في الحقيقة عمليـة تجميد Freezing للمركب الموجود في درجة الحرارة العليا والاحتفاظ به في درجة الحـرارة العادية دون السماح له بأن يتحول أو يتحلل الى أي مركب أو مركبات أخرى ولذلك فانه يمكن الحصول على مركب الاوستنيت في درجة حرارة الجـو وذلك بطشه من درجات حرارة فوق الخط GSE الى درجة حرارة الجو — وخلال الطش يتم في الواقـع كبت لاي محاولة انتشار تبديها ذرات الكربـون لتأخذ اوضاعها المتزنة في درجة حرارة الجـو — وبالتالي فأن الاوستينايت الذي نحصل عليـه مـن الطش السريع غير متزن اطلاقا •

منحنيـات .T.T.T

Time Temperature Transformation

سبق ان بينا ان انباتات السمنتايت تبدأ على حدود بلورات الاوستنايت ولكن معدل تكـون هذه الانباتات وكذلك معدل نموها يعتمد على معـدلات التبريد ويمكن دراسة ومراقبة معدلات تحـول الاوستينايت الى مركبات أخرى تحت الدرجة الحرجة لاتزانه وهي ٧٢٣°م تحت الخط PSK في مخطط الاتزان الحراري وتمثيل هذه النتائج في مخططات خاصة تسمى مخططات Time temperature transformation T.T.T. وفيها تؤخذ عينات من الحديد المطلوب رسم المخططات له وتسخينها الى درجة حرارة الاوستينايت ٥٠°م فوق الخط AC3 أي الخط A3 في التسخين حيـث لايتطابق في التسخين AC3 والتبريد AR3 لحدوث تخلف حراري hysteresis ثم تغمس في حمامات ذات درجات حرارة مختلفة وبعد ازمنة مختلفـة ترفع وتطش في الماء لتجميد حالة المركـب الذي حصلنا عليه بعد الغمس في الحمامات الساخنة للازمنة المختلفة ، ثم تفحص هذه العينات تحت المجهـر لتحديد مدى التحول عند درجة الحرارة المذكـورة والشكل الاتي (شكل رقم ٧٤) يبين أحد هـذه المنحنيات لحديد Eutectoid (٨٣ر٠٪ كربون) •

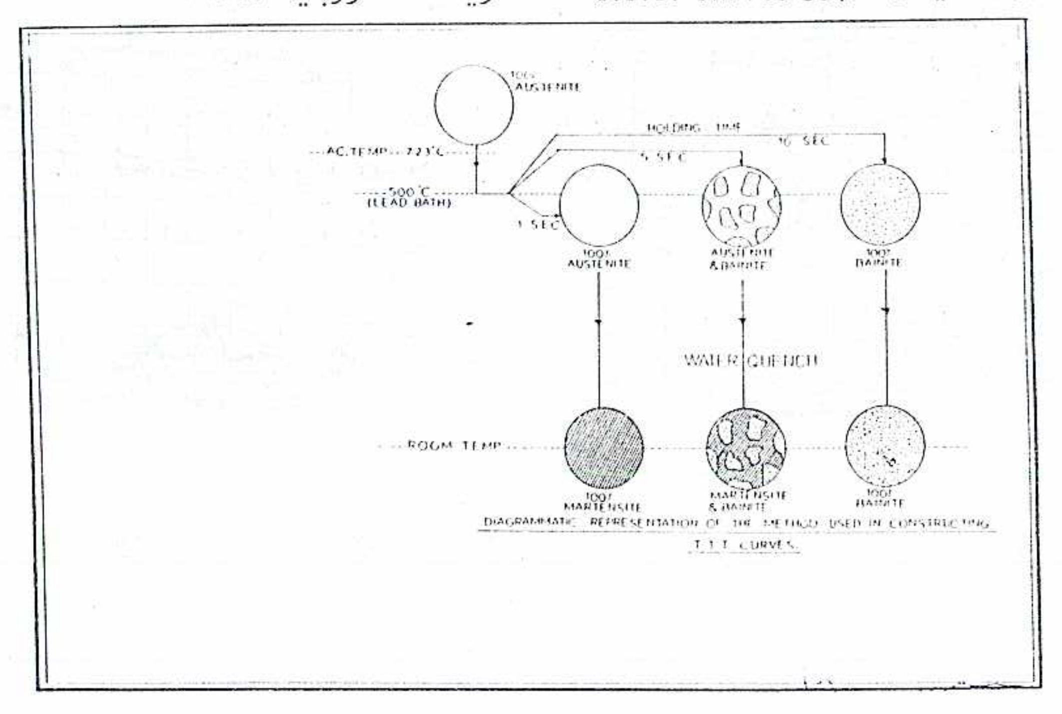


شكل رقم ٧٤

ولنأخذ الان مثال على ذلك اذا سخنا عدة عينات لدرجة حرارة اعلى من ٧٢٣°م ووضعت احدى العينات في حمام من الرصاص درجة حرارته ٥٠٠°م ولمدة ثانية واحدة نجد ان التحول لم يتم بعد ويمكن التحقق من ذلك بطش العينة في الماء وفحصها تحت المجهر نجد ان جميع مقطع العينة من تكوين المارتنسيت نتيجة الطش بالماء أي أن العينة كانت ماتزال قبل الطش بتكوين الاوستنيت بدون بدء أي تحول (النقطة A بالرسم) أما اذا أستمر وضع العينة في حمام الرصاص ولفترة ١٠ ثواني (النقطة B بالرسم) ثم تطش في الماء نجد أن جميع مقطع العينة من تكوين بلورات البينات Bainite وهو تكوين يشبه الريش ومسمى باسم مكتشفه باين ، اما اذا كانت فترة وضع العينة في حمام الرصاص خمسة ثواني (النقطة C بالرسم) نجد أنه بعد طش العينة في الماء

وفحصها بالمجهر ان مقطع العينة خليط من البينايت والمارتنسيت مما يدل على انه تم بعض التحـــول من الاوستينايت الى البايتنيت في حمام الرصاص ـ أما باقي الاوستينايت تحول الى المارتنسيت أثناء الطش بالماء ، ويمكننا بتكرار هذه العملية وتحليل النتائج المجهرية تعيين أزمنة ودرجات حرارة التحـــولات لاي سبيكة من الحديد والكربون T.T.T. curves .

من المارتنسيت العالي الصلادة extreme hard الى تكوينات اخرى اقل صلادة لاعطاء نوع مـــن تحمل الصدمات toughness فنجد انه فـــي عمليات المراجعة عند درجة حرارة ٤٠٠°م تظهـــر تكوينات التروستايت Troostite بينمـــا اذا تمت المراجعة عند درجة حرارة ٦٠٠°م تظهـــر تكوينات السوربايت Sorbite .

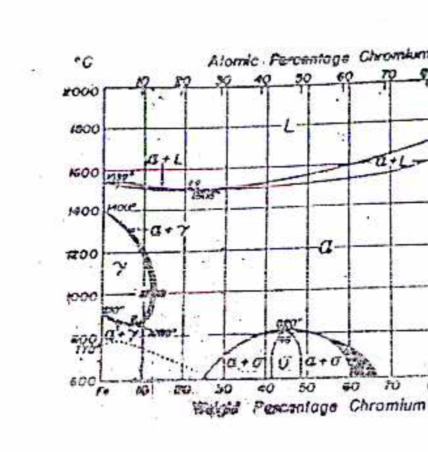


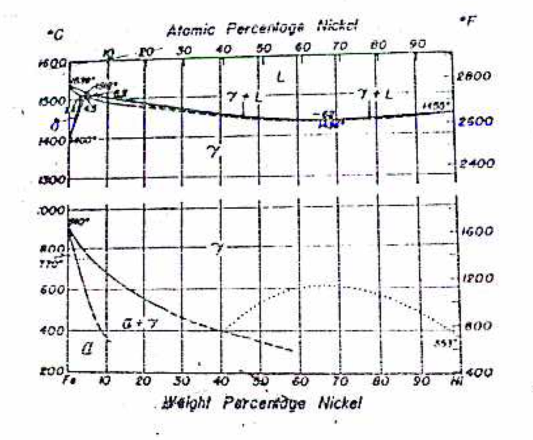
شـكل رقـم (٧٥)

كما أن هناك تكوينات أخرى غير البايتنيـــت والمارتنسيت والتي لاتظهر في مخطط الاتـــزان الحراري (التبريد أو التسخين الغايـــة في البطىء) ولكن تظهر في معدلات التبريد السريعة في المعاملات الحرارية ففي عمليات المراجعـــة Tempering والتي تتم بعد عمليات الطش في الماء لتحول بعض

تأثير اضافة السبائك الى الحديد

باضافة بعض السبائك الى الحديد مثـــــل النيكل والكروم والمنجنيز والسليكون وخلافـــــه نستطيع الحصول على تحسن جيد في المواصـــفات الميكانيكية حسب نوع العمل المطلوب كما يمكننـــا ايضا التحكم في الاوجه phase والحصول



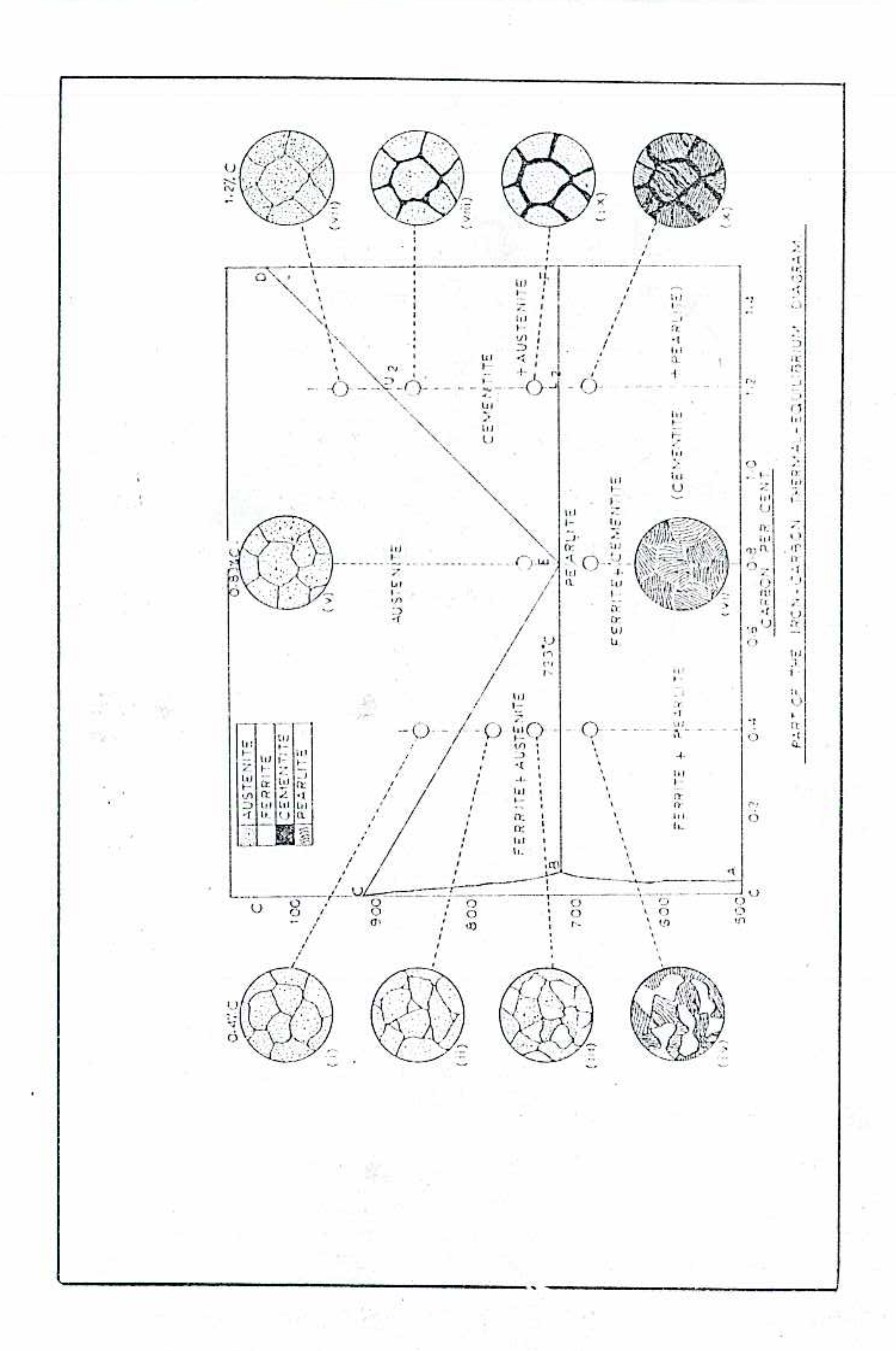


شـــكل رقــم ٧٦

على صلب أوستينيتي Austenite phase أو Ferrite phase في درجة حرارة الغرفـــة فمثلا النيكل والمنجنيز والكوبالت والنحاس نجـــد انها ترفع درجة A4 وتخفض درجة حرارة A3 وتجعل من تكون Austenite ثابت في درجة حرارة الغرفة في حين ان الكروم والتنجستين والفاناديوم والمولبدنيوم والالمنيوم والسيليكون يؤثر تأثير عكسي على مخطط الاتزان الحراري بحيث يجعل تكون الفيرايت Ferrite (∝) ثابت في درجة حرارة الغرفة ويرفع درجة حرارة A3 ويخفضـــ درجة حرارة A4 كما بالشكل (٧٦) .

الفحص المجهري لعينات الحديد الكربوني

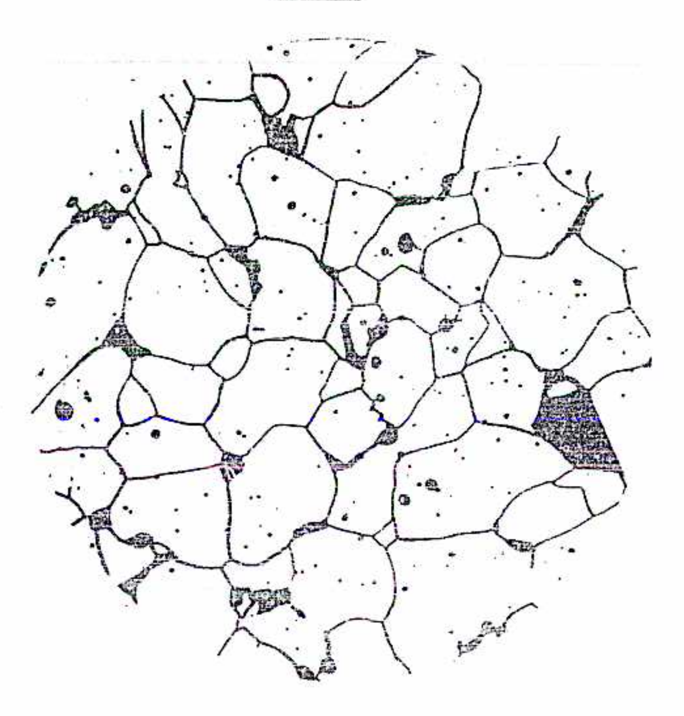
في الشكل التالي (شكل رقم٧٧) جزء من مخطط الحديد والكربون وهي المنطقةالتي تتم فيها المعاملات الحرارية . كما يوضح الشكل التراكيب المختلفـــة حسب درجة الحرارة وتركيز الكربون في العينة .



شكل رقم (٧٧)

وفيما يلي دراسة مفصلة لبعض عينـــــــات الحديد الكربوني كما تظهر تحت المجهر واستنتاجات الفحص •

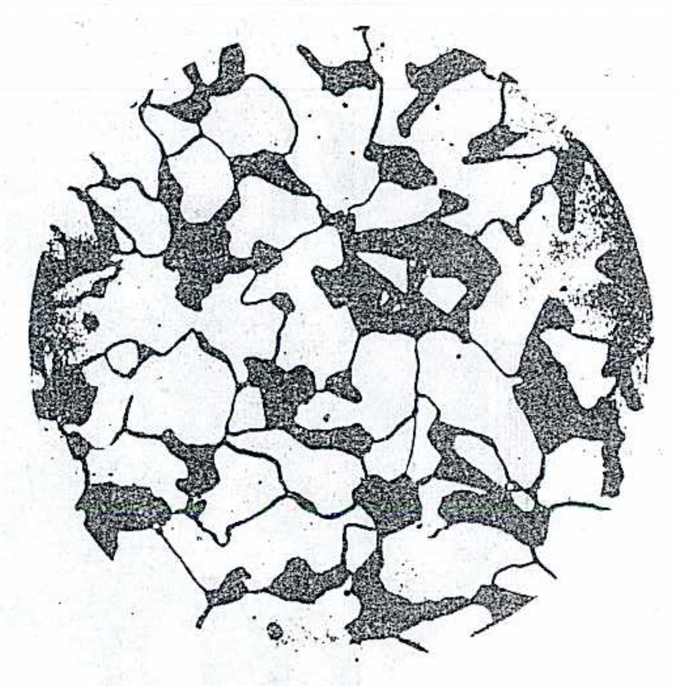
No. 1.



Material:	Hot-rolled carbon steel.
Analysis:	C (carbon) = 0.05% Si (silicon) = 0.01% Mn (manganese) = 0.27% S (sulphur) = 0.030% P (phosphorus) = 0.090%
Hardness:	HV_{30kg} = 110 (Vickers hardness in kg/mm^2).
Specimen preparation:	Wet grinding, diamond polishing and etching in a 3% concentrated nitric acid solution in alcohol (3% nital).
Magnification:	700 x.
Structure constituents:	Ferrite with small quantities of pearlite and some slag. Ferrite is α-iron with very low carbon content, and pearlite is a lamellar aggregate of ferrite and cementite (cementite = iron carbide = Fe_3C).
Remarks:	The carbon content of the steel is below 0.85%, which is the eutectoid composition, and it is therefore termed hypoeutectoid steel. The steel is unkilled and the phosphorus content is very high. The steel is a basic bessemer steel.

شـكل رقـم (٧٨)

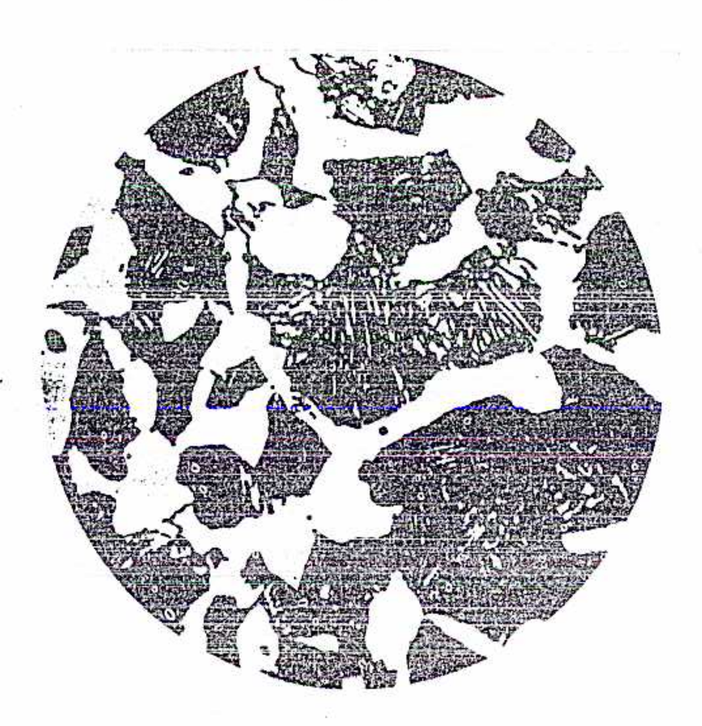
No. 2.



Material:	Hot-rolled carbon steel.
Analysis:	C (carbon) = 0.15% Si (silicon) = 0.30% Mn (manganese) = 0.70% S (sulphur) = 0.030% P (phosphorus) = 0.035%
Hardness:	HV_{30kg} = 155 (Vickers hardness in kg/mm^2).
Specimen preparation:	Same as for No. 1.
Magnification:	700 x.
Structure constituents:	Ferrite and pearlite. The pearlite proportion in the steel grows with increasing carbon content, the carbon being bound chemically in the form of cementite (Fe_3C), which together with ferrite forms pearlite. (Only minute quantities of carbon can be dissolved in ferrite, 0.02% being the maximum).
Remarks:	The steel is a hypoeutectoid steel. It has been killed with silicon before teeming. As indicated by the clean ferrite grains, the slag content of the steel is low.

شـــكل رقـــم (٧٩)

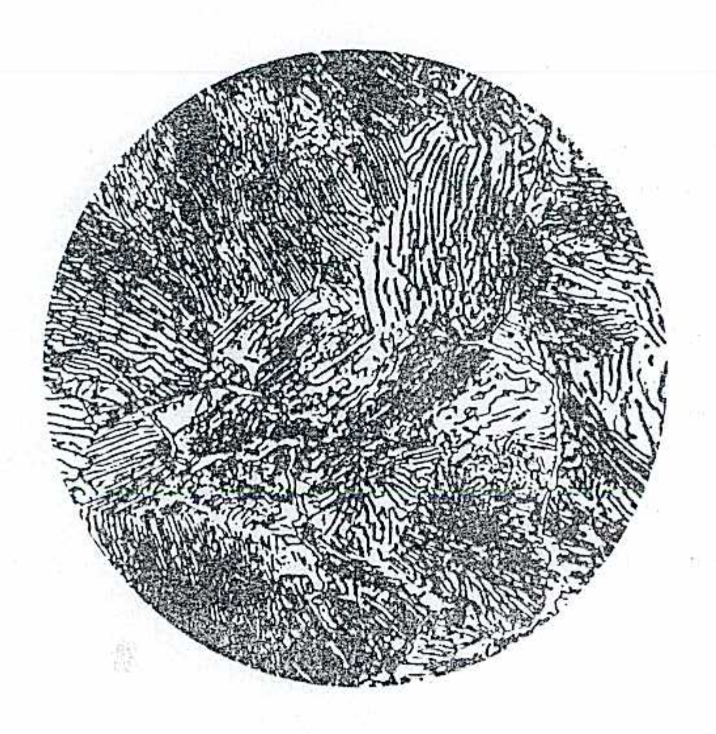
No. 3.



Material:	Hot-rolled carbon steel.
Analysis:	C (carbon) = 0.50% Si (silicon) = 0.30% Mn (manganese) = 0.70% S (sulphur) = 0.035% P (phosphorus) = 0.030%
Hardness:	HV_{30kg} = 204 (Vickers hardness in kg/mm^2).
Specimen preparation:	Same as for No. 1.
Magnification:	700 x.
Structure constituents:	Pearlite and ferrite.
Remarks:	The steel is a hypoeutectoid steel. It has been killed with silicon before teeming. The lamellar structure of the pearlite is plainly visible.

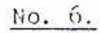
شــكل رقــم (٨٠)

No. 5.

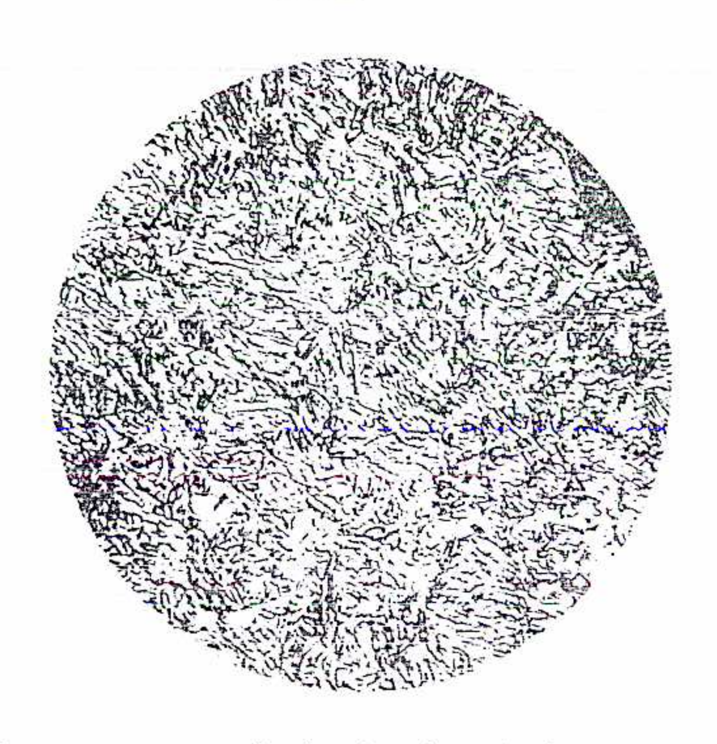


Material:	Hot-rolled carbon steel.
Analysis:	C (carbon) = 1.35% Si (silicon) = 0.13% Mn (manganese) = 0.11% S (sulphur) = 0.024% P (phosphorus) = 0.022%
Hardness:	HV_{30kg} = 311 (Vickers hardness in kg/mm^2).
Specimen preparation:	Same as for No. 1.
Magnification:	700 x.
Structure constituents:	Pearlite and cementite network.
Remarks:	The network of cementite which is formed in the boundaries of the austenite grains when the steel is cooled from the rolling-temperature makes the steel brittle. The steel has a hypereutectoid composition. It has been killed with silicon before teeming.

شـكل رقـم (٨١)



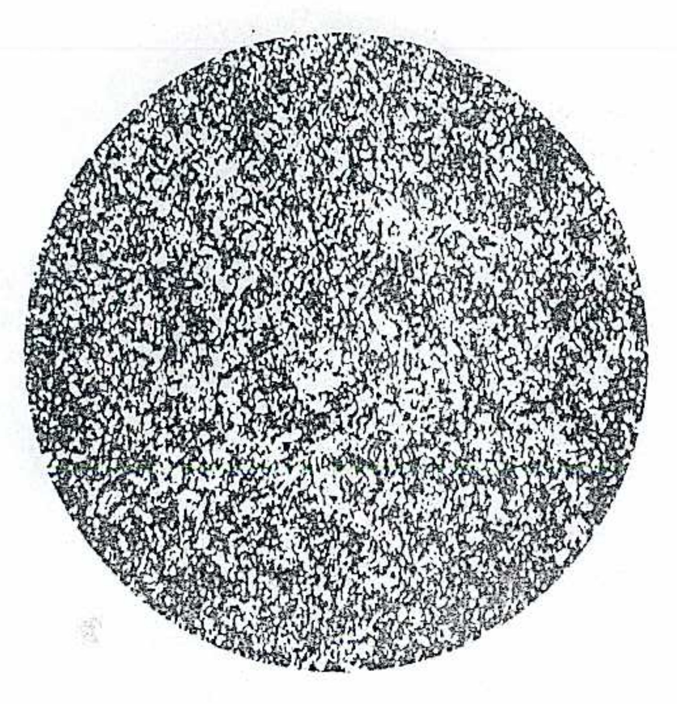
No. 6.



Material:	Hardened carbon steel.
Analysis:	C (carbon) = 0.50% Si (silicon) = 0.30% Mn (manganese) = 0.70% S (sulphur) = 0.035% P (phosphorus) = 0.030%
Hardness:	HV_{30kg} = 760 (Vickers hardness in kg/mm^2).
Specimen preparation:	Same as for No. 1.
Magnification:	700 x.
Structure constituents:	Martensite. Martensite is a solid solution of carbon in heavily deformed α-(alpha)-iron, and is characterised by its needle-like appearance.
Remarks:	The steel is quenched from 840°C (1544°F) and cooled in salt water.

شكل رقم (٨٢)

No. 7.



Material:	Hardened carbon steel.
Analysis:	C (carbon) = 1.02% Si (silicon) = 0.20% Mn (manganese) = 0.40% S (sulphur) = 0.030% P (phosphorus) = 0.020%
Hardness:	HV_{30kg} = 958 (Vickers hardness in kg/mm^2).
Specimen preparation:	Same as for No. 1.
Magnification:	700 x.
Structure constituents:	Fine martensite and carbides.
Remarks:	The steel is quenched from 775°C (1427°F) and cooled in salt water. The hypereutectoid carbon steels are not heated to full austenitising temperature in the hardening, but only to about 775°C (1427°F). The cementite is therefore not dissolved completely, and remnants in the form of grains are seen in the martensitic matrix. As, however, the hardness of the cementite is higher than that of the martensite, the aggregate hardness is not affected in the negative direction.

شـــكل رقـــم (٨٣)

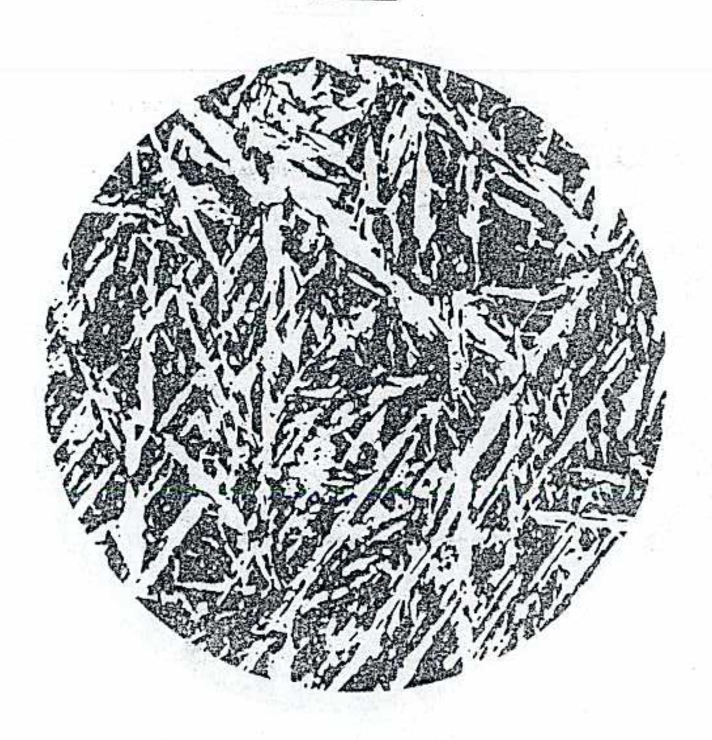
No. 8.



Material:	Hardened carbon steel.
Analysis:	C (carbon) = 0.45% Si (silicon) = 0.25% Mn (manganese) = 0.48% S (sulphur) = 0.024% P (phosphorus) = 0.062%
Hardness:	HV_{30kg} = 614 (Vickers hardness in kg/mm^2).
Specimen preparation:	Same as for No. 1.
Magnification:	1400 x.
Structure constituents:	Martensite and troostite. Troostite is a very finely lamellar pearlite which frequently precipitates into a rosette-like pattern.
Remarks:	Troostite is formed in the temperature range 700-500°C (1292-932°F) by comparatively rapid cooling. The troostite is softer than the martensite, and it is therefore not possible to obtain full quenching hardness when troostite occurs in the structure.

شكل رقم (٨٤)

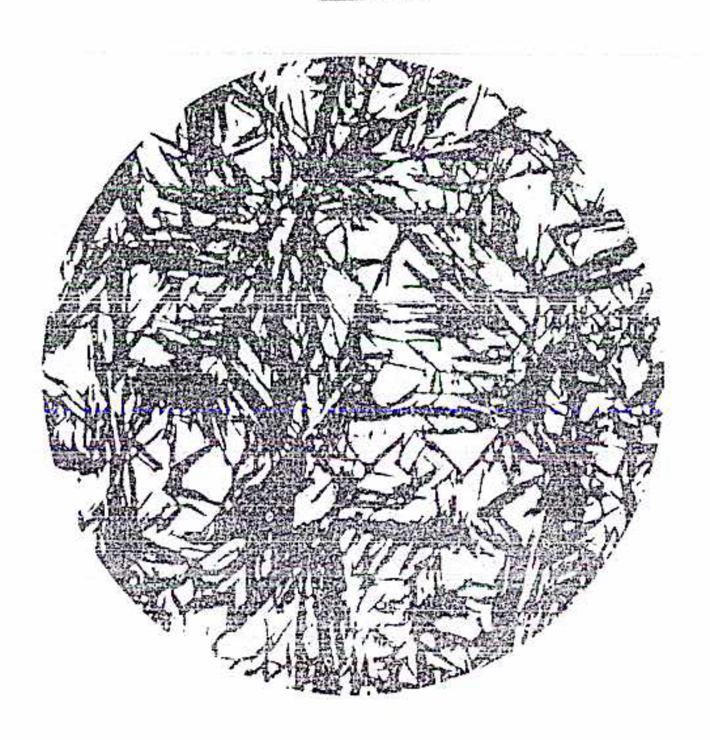
No. 9.



Material:	Hardened carbon steel.
Analysis:	C (carbon) = 1.50% Si (silicon) = 0.25% Mn (manganese) = 0.35% S (sulphur) P (phosphorus) not stated
Hardness:	HV_{30kg} = 783 (Vickers hardness in kg/mm^2).
Specimen preparation:	Same as for No. 1.
Magnification:	700 x.
Structure constituents:	Very coarse, tetragonal martensite (light) and large quantities of retained austenite (dark).
Remarks:	The steel is quenched from 1000°C (1832°F), i.e. from too high a temperature. There is a great risk of the occurrence of quenching cracks.

شـــكل رقـــم (٨٥)

No. 10.



Material: Hardened carbon steel.

Analysis:

C (carbon) = 1.50%
Si (silicon) = 0.25%
Mn (manganese) = 0.35%
S (sulphur) } not stated
P (phosphorus) } not stated

Hardness: HV_{30kg} = 671 (Vickers hardness in kg/mm^2).

Specimen preparation: Same as for No. 1.

Magnification: 700 x.

Structure constituents: Very coarse, cubic martensite (dark) and large quantities of retained austenite (light).

Remarks: Same treatment as for No. 9, but, in addition, tempering at 200°C (392°F) for half an hour.

شـكل رقـم (٨٦)

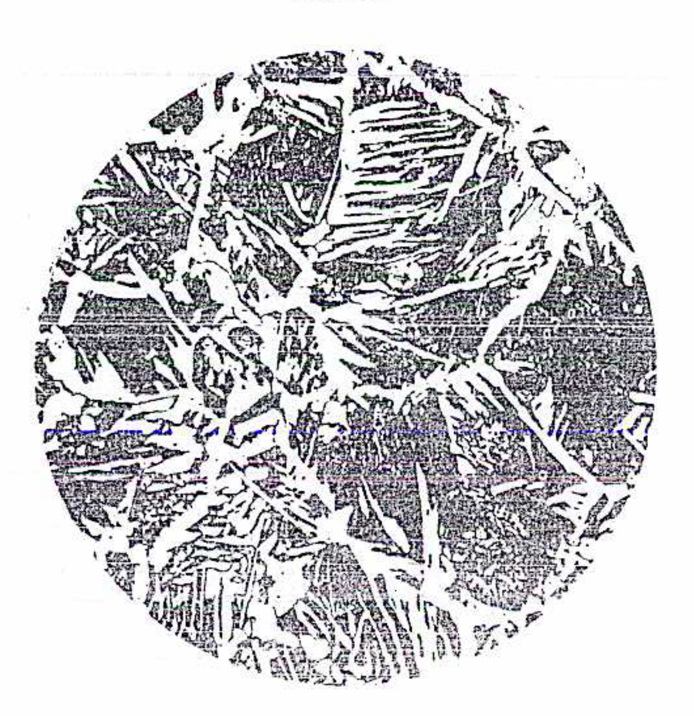
No. 11.



Material:	Hardened carbon steel.
Analysis:	C (carbon) = 0.70% Si (silicon) = 0.30% Mn (manganese) = 0.40% S (sulphur) = 0.030% P (phosphorus) = 0.030%
Hardness:	HV_{30kg} = 725 (Vickers hardness in kg/mm^2).
Specimen preparation:	Same as for No. 1.
Magnification:	700 x.
Structure constituents:	Martensite with quenching cracks.
Remarks:	Quenching cracks may arise, for instance, because of wrong treatment of the steel in the quenching, wrong design or choice of the wrong steel.

شــكل رقــم (٨٧)

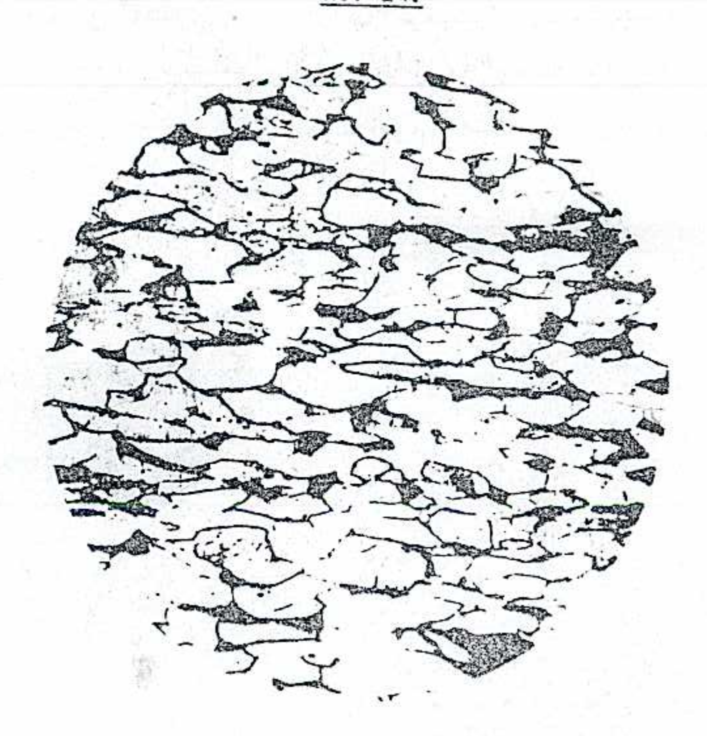
No. 12.



Material:	Overheated carbon steel.
Analysis:	C (carbon) = 0.37% Si (silicon) = 0.24% Mn (manganese) = 0.74% S (sulphur) = 0.026% P (phosphorus) = 0.052%
Hardness:	HV_{30kg} = 176 (Vickers hardness in kg/mm^2).
Specimen preparation:	Same as for No. 1.
Magnification:	300 x.
Structure constituents:	Ferrite and pearlite. Widmannstätten structure.
Remarks:	The structure is, inter alia, characteristic for steel which has been heated to high temperatures. The structure is very coarse (note the low magnification), and consequently the steel becomes brittle.

شــكل رقــم (٨٨)

No. 14.



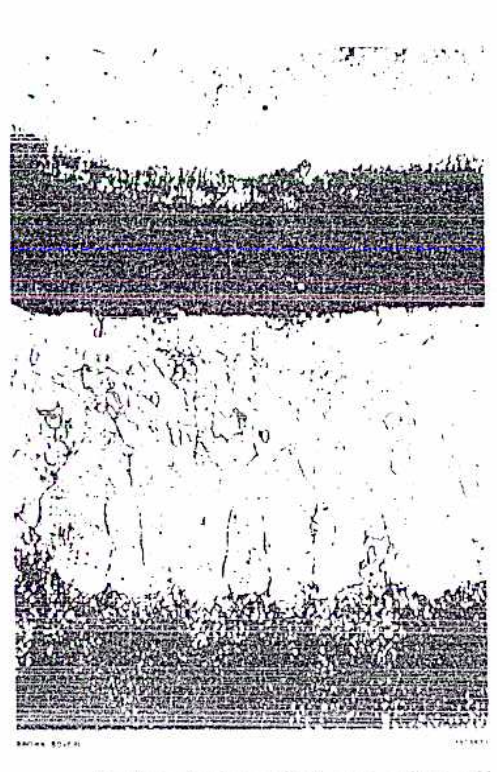
Material:	Cold-worked carbon steel.
Analysis:	C (carbon) = 0.15% Si (silicon) = 0.30% Mn (manganese) = 0.70% S (sulphur) = 0.030% P (phosphorus) = 0.035%
Hardness:	HV_{30kg} = 242 (Vickers hardness in kg/mm^2).
Specimen preparation:	Same as for No. 1.
Magnification:	700 x.
Structure constituents:	Longish ferrite and pearlite grains.
Remarks:	Reduction grade = 50%. By cold-working, the crystal is greatly deformed and heavy stresses are set up in the steel. The stresses manifest themselves in an increase in hardness (compare the hardness with that of No. 2). After a certain reduction the steel should therefore bee exposed to a inter-annealing (recrystallization) before further cold-working can take place.

شـكل رقـم (٨٩)

عيوب اللحام كما تظهر تحت الفحص المجهري

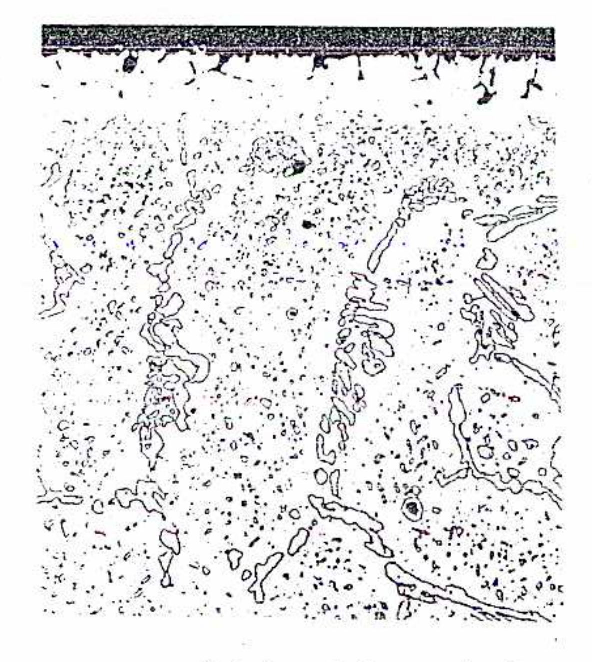
عند وصل قطعتين من الحديد احدهما صلب عالي الكربون والاخر منخفض الكربون بواسطة اللحام ، واذا كان مجال عمل هذه الوصلة في درجة حرارة مرتفعة فيمكن حدوث ظاهرة ازالة الكربون واعادة التبلور decarburized and recrystallized ويحدث هذا في المنطقة الملاصقة مباشرة لمعدن اللحام في القطعة منخفضة الكربون مما يجعل الوصلة ضعيفة اذا ما تعرضت لجهود خارجية والشكل التالي يبين صورة مجهرية لوصلة لحام بين حديد،كروم، نيكل، مولبدنيوم (منخفض الكربون) وحديد أوستينيتيني عالي الكربون ويظهر فيه انتقال الكربون الى الحديد الاوستينيتيني(الجزء العلوي) واعادةالتبلور وكبر حجم البلورات في الحديد (منخفض الكربون) وكذا يظهر نهاية شق في المعدن نتيجة الزحف ٠

كما تبدو نفس الظاهرة السابقة في الشكل



Decarburized and recrystallized zone in ordinary mild steel adjacent to 12% Cr steel (top)

Enlargement × 100

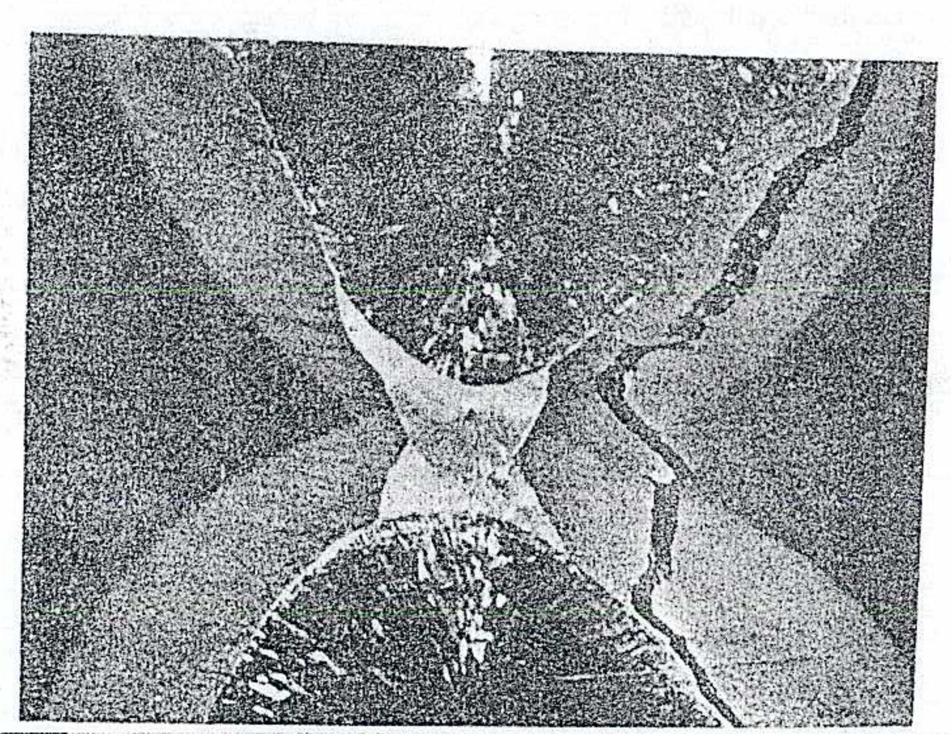


– Photomicrograph of cross section of heat resistant alloy after mild corrosive attack. Although primary and secondary carbides appear throughout, they do not appear in the surface zone because of decarburization.

شكل رقم (٩٠)

الثاني في وصلة لحام بين حديد ١٢٪ كروم وحديد كربوني اعتيادي وفي هذه الحالة يحدث ازالـــة الكربون بواسطة الانتشار في درجات الحـــرارة العالية ثم يتبعه اعادة التبلور وعادة ينتقل الكربون الى المناطق ذات التركيز العالي للكربون حيث تزيـد امكانية اذابته وعموما تعتمد الحالة على تركيـــز الكربون في القطعتين وقابلية الذوبان للكربون وطبيعة وكمية العناصر المكونة للكربيدات ومعدل الانتشار ودرجة الحرارة والزمـن •

ومن المشاكل الملازمة لعمليات لحـــام بعض أنواع السبائك خاصة ذات السمك العالي حـدوث الشقوق المجهرية على حدود البلورات في منطقـة التأثير الحراري heat effected zone بشكل متعامد مع اسطح التداخل للحام كما في الشكل(٩١):



Transverse section of an austenitic weld in a base metal of low-alloy steel. 2X. Note crack in heat-affected zone of parent metal. Macroetched electrolytically in chromic acid as described. (*Courtesy of U.S. Steel Corp. Research Laboratory.*)

شـــكل رقـــم ٩١

ثامنـــا :ـــ ((الاختبارات الميكانيكية))

اعـــداد المهندس /

علي احمـــد مصطفى

تعتبر الاختبارات الميكانيكية مـــن الفحوصات المتلفة للمعدن ولكنها تمثل اسلوب هام من اساليب الفحص اذا اريد التعرف التام على خصائص المعدن الميكانيكية بصورة واضحة •

الجهـــد والاجهـــاد Stress and Strain

يعرف الجهد Stress بانه مقدار كثافة توزيع القوى والتي تقاوم التغير في شكل الجســـم ويقاس الجهد بمقدار القوة Force علـــى وحدة المساحة وحسب النظام المتري فان الجهـــد يقاس بالكيلو غرام على السنتمتر المربع وهنـــاك ثلاثة انواع اساسية للجهد هي :ـــ

جهـــد الشـــد Tension Stress

جهـــد الضـــغط Compression Stress

جهـــد القـــص Shear Stress

ويعرف الاجهاد Strain بانه نسبة تغـــير الطول او الحجم الى الطول او الحجم الاصـــلي فاذا اثرت قوة (ق) على قضيب من المعدن مســـاحة مقطعة (س) وطوله (ل) وكانت الزيادة في الطـــول لتأثير القوة هي Δل فاننا يمكن حساب مايلي : ـــ

$$\text{الجهد } \sigma = \frac{\text{ق}}{\text{س}}$$

$$\text{الاجهاد } \epsilon = \frac{\Delta \text{ل}}{\text{ل}}$$

المرونـــة Elasticity

هي قابلية المادة للتغير في الطول او الشـــكل deformation نتيجة قوة خارجية ـــ ميكانيكية او حرارية او غير ذلك مع عدم الاحتفاظ بتغير دائم permenant set بعد ازالة القوة الخارجيـــة المؤثـــرة •

اللدونـــة Plasticity

هي قابلية المادة للتغير في الطول او الشـــكل نتيجة قوة خارجية وبدون كسر مع الاحتفاظ بهـــذا التغير بعد زوال تأثير القوة الخارجية •

قابلية الطرق والسحب Ductility

هي صورة اخرى من صور اللدونة او يوصف المعدن بانه ductile اذا تحمل مقادير كبيرة من التغير في الشكل بواسطة الشد او السحب بدون كســـر •

مقاومة التغير في الشكل Stiffness

هي مقياس لمعدل التغير في الشكل نتيجة لزيادة الحمل او القوة في المدى المرن وتعتمد مقدرة المعدن لامتصاص الطاقة المرنة على كل من متانة المعـــدن strength ومقاومة التغير في الشكل stiffness وتقاس Stiffness بمعدل التغير في الجهـــد Stress بالنسبة للتغير في الاجهاد strain وعليه يكون المعدن اكثر مقاومة للتغير في الشـــكل Stiffness اذا احتاج الى جهد اكبر لاعطـــاء اجهاد بقيمة معينة •

(شكل ٩٨)

طاقة الخــزن Resilience

هي مقدار السعة للطاقة في مجال المدى المــرن Elastic Range أو بمعنى أخر هي مقدار الطاقة المخزونة في المعدن حتى نقطة انتهـــاء المرونـــة Elastic Limit ويمكن الحصول عليها مرة اخرى عند رفع القوة وهي عامل مهم في صـــناعة النوابض Springs ويعرف معامل طاقة الخزن Modulus of resilience بمقدار الطاقة المخزونة في وحدة الحجم من المعدن في المدى المرن ٠

طاقة الكســر Toughness :

هي الطاقة اللازمة لكسر المعدن و معامل طاقة الكسر Modulus of Toughness يقاس بكمية الشغل اللازم لكسر وحدة الحجم للمعدن تحت حمـــل استاتيكي Static Load

المتانــة Strength

تعرف متانة المعدن بانها اقصى جهد لتحمــل المعدن حتى الكسر وترتبط متانة المعدن بنوع الجهد سواء كان شد او ضغط او قص او كلل ٠

متانة الشـــد	Tension Strength
متانة الضـــغط	Compression Strength
متانة القـــص	Shear Strength
متانة الكـــلل	Fatigue Strength

المـــلادة Hardness :

هناك تعاريف كثيرة لصلادة المعدن منها مايلي :ـــ

١ ـــ مقاومة المعدن للاختراق تحت تأثير حمـــل استاتيكي او ديناميكي Indentation hardness

٢ ـــ امتصاص طاقة الصدمات Rebound hardness

٣ ـــ مقاومـــة الخدش Scratch hardness

٤ ـــ مقاومة التآكل بالاحتكاك Wear hardness

٥ ـــ مقاومة القطع Machinability hardness

الهشاشـــة Brittleness :

هي عكس خاصية تابنيه انضرق المذكورة اعلاه ويوصف المعدن بانه هش اذا انكسر بدون استطالة تذكر مثل الحديد الصب ٠

الكلـــل Fatigue

ظاهرة انهيار المعدن تحت تأثير جهود متغيرة الاتجاه سواء كانت جهود الحنى Bending stresses او جهود اللي Torsion stresses او جهـــود الشد والضغط بمقادير صغيرة لاتصل بالمعدن الـــى نقطة الخضوع yield point

الزحـــف Creep

هي ظاهرة تمدد المعدن او انهياره بدون تحمل يذكر نتيجة لتعرض المعدن الى درجات حرارة عالية ولفترات طويلة ٠

الانبعـــاج Buckling

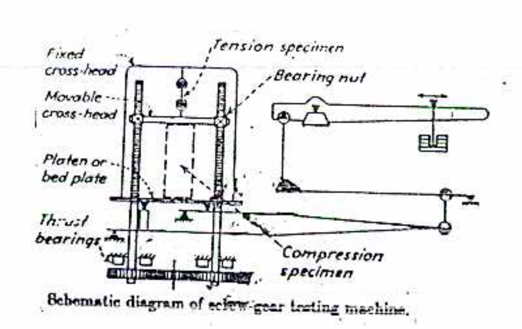
هو انهيار المعدن نتيجة لتأثير قوى الضـــغط على اعمدة ذات طول كبير تزيد من تأثير القـــوى الجانبية وتصل بالمعدن الى الانهيار بجهود اقـــل كثيرا من متانة المعدن ٠

فيما سبق تعرضنا لتعريف بعض الخصـــائص الميكانيكية للمعادن ولقياس هذه الخصائص يلـــزم اجراء بعض الاختبارات وحسب نوع الاختبـــار يمكننا التعرف على خاصية او اكثر مـــن خصائص المعدن وفيما يلي بعض هذه الاختبارات ٠

١ ـ اختبار الشد Tension Test

هو اشهر اختبار في الاختبارات الميكانيكية ويمكننا من التعرف على خصائص كثيرة للمعدن وفيه توضع عينة الاختبار تحت تأثير قوى الشد وترسم العلاقة بين قوة الشد والاستطالة في العينة

ويفيد هذا المنحنى Curve في تحديد كثير من الخواص الميكانيكية ـ كما ان هذا المنحنى يمثل العلاقة بين الجهد Stress والاجهاد Strain



Schematic diagram of screw-gear testing machine.

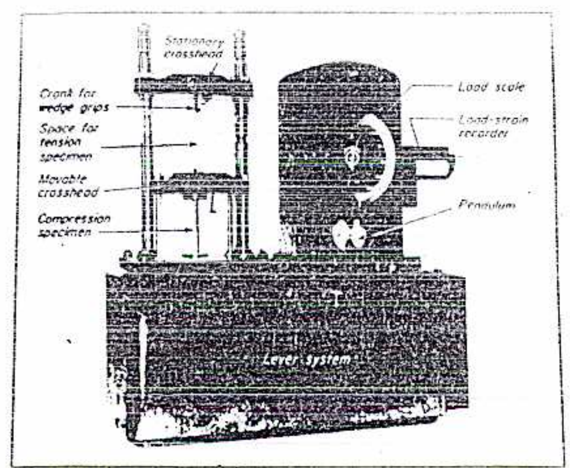
شكل رقم (٩٣)

$$\text{القوة (ق)} \times \text{معامل ثابت} = \frac{\text{قوة الشد (ق)}}{\text{مساحة مقطع العينة (س)}} = \sigma$$

$$\text{الاستطالة}(E) \times \text{معامل ثابت} = \frac{\text{الاستطالة }(E)}{\text{طول العينة (ل)}} = \epsilon$$

ماكينات اختبار الشد

هناك عدة تصاميم لماكنات اختبار الشد الميكانيكي ومنها الهيدروليكي كما بالرسم شكل رقم (٩٣) : ـ

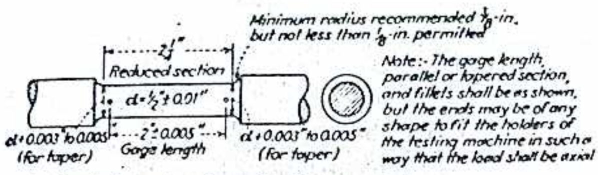


Cutaway view of screw-gear universal machine with pendulum weighing system. (Courtesy of Tinius Olsen Testing Machine Co.)

شكل رقم (٩٤)

عينـــــات الاختبـــــار

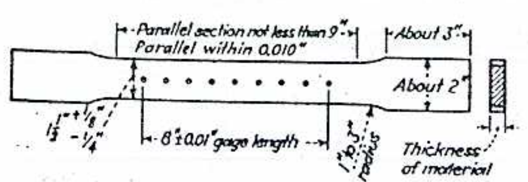
عينات الشد قد تكون مستديرة او مســتطيلة المقطع حسب شكل الخام الماخوذة منه العينة وتنص المواصفات للعينات الماخوذة من الالواح ان تقطــع العينة في اتجاه Rolling وتكون مقاساتها كمــا يلي حسب مواصفات .A.S.T.M



A. Standard round specimen with 2-in. gage length

- شكل ٩٥ -

B. Standard rectangular specimen with 2-in. gage length for testing metals in form of plate, sheet, etc. having thicknesses 0.01 in. or greater and less than 0.50 in.



C. Standard rectangular specimen with 8-in. gage length for testing metals in form of plate, shape, etc. having thicknesses of 3/16 in. or over

Fig. 81. ASTM standardised forms of (ductile) metal tension-test specimens (ASTM

شــكل رقــم (٩٦)

يلاحظ أن منحني اختبار الشد يبـدأ بخط مستقيم OA ويمثل هذا الجزء المدى المرن للمعدن Elastic Range وفيه ترتبط علاقة الجهد بالاجهاد بعلاقة خطية وحسب قانون هوك hook's Law فانه في المدى المرن يتناسب الجهد مع الاجهاد

$$\text{معامل ثابت} = \frac{\text{الجهد}}{\text{الاجهاد}}$$

ان معامل ثابت هذا القانون هو ما يسمى بمعامل يانج او معامل المرونة E

modulus of elasticity or young's modulus

ومعامل المرونة ثابت لكل معدن وعليه يمكن التعبير عن قانون هوك بما يلي : $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$

وحيث ان الاجهاد ϵ نسبة ليس لها تمييز dimenssionless فانه يمكن استنتاج ان معامل المرونة يمكن التعبير عنه بوحدات الجهد كغ/سم٢ او رطل/بوصة المربعة او بمعنى اخر فان معامل المرونة يمثل الجهد اللازم للحصول على وحدة اجهاد

وكمثال فان معامل يانج للحديد الصلب غالبا ما يتراوح بين الرقم ($E = 30 \times 10^6$ psi)

ويتضح من الرسم السابق ان معامل يانج يمثل ميل الخط المستقيم في منحنى الجهد والاجهاد (المدى المرن) .

نسبة بواسون Poisson's Ration

لقد اظهرت التجارب انه عند استطالة العينة في الشد فانه يتبع ذلك انكماش في الجوانب Lateral contraction ونسبة بواسون هي نسبة وحدة الانكماش في الجوانب الى وحدة الاستطالة .

$$\mu = \frac{\text{وحدة الانكماش الجانبي}}{\text{وحدة الاستطالة}}$$

ولقد اثبت بواسون بواسطة نظرية التركيب الجزئي molecular theory of structure ان هذه النسبة تساوي ١/٤ في المعادن Isotropic material وهو ما اثبت عمليا بواسطة القياسات الدقيقة . وبالنسبة للحديد الصلب المستعمل في الانشاءات فقد وجدت نسبة بواسون حوالي (٠.٣) وبمعلومية معامل المرونة E ونسبة بواسون μ لمعدن معين يمكننا بسهولة تعيين التغير في المقاسات او الحجم .

فاذا كانت عينة بطول (ل) ومساحة المقطع (س) فان حجم العينة ح=س ل ، وبعد شد العينة فان طول العينة يصبح ل١=ل (١+E) ومساحة المقطع س١ = س (١ − μE)٢

ويصبح الحجم ح١ = س١ل١ = س ل (١+E) (١ − μE)٢

وحيث ان E صغيرة جدا بالنسبة للوحدة

ح١ = س ل (١ + E − ٢ μE)

وعليه يكون التغير في الحجم Δح = س ل E (١ − ٢μ)

ويصبح التغير في وحدة الحجوم = $\frac{\Delta ح}{ح}$

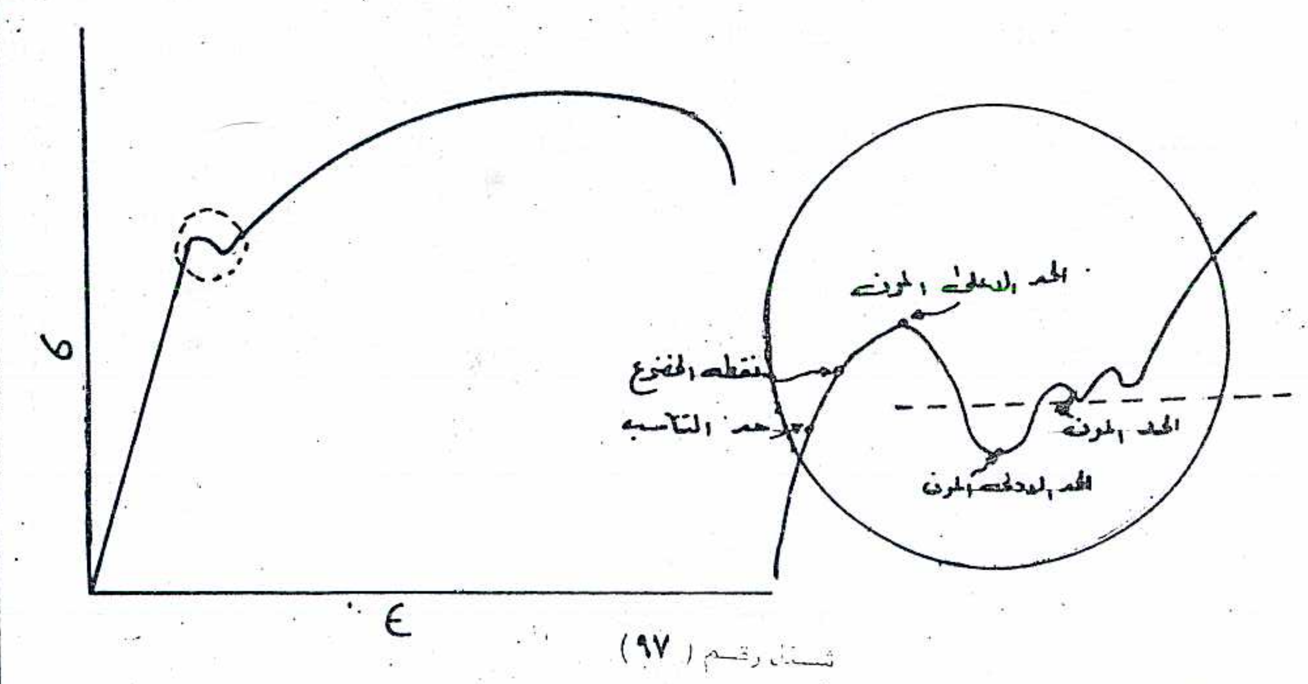
= E (١ — ٢μ)

وحيث ان المعدن لاينقص في الحجم نتيجة عملية الشد فاننا نتوقع دائما ان تكون نسبة بواسون اقل من ١/٢ وهناك بعض المواد مثل المطاط تكون نسبة بواسون له تقريبا = ١/٢ ويبقى حجم العينة ثابت بعد الشد في حين انه في بعض المواد الاخرى مثل الخرسانة والفحم نجد ان حجم العينة يزداد قليلا بعد عملية الشد ويمكن اعتبار نسبة بواسون للخرسانة = (١ر٠) وللفحم صفر •

واثبتنا انها علاقة خطية تتبع قانون هوك غير انه عند حد معين يفقد المعدن علاقة التناسب بين الجهد والاجهاد ويبدأ المعدن في الخضوع تحت تأثير القوة او بمعنى اخر يبدأ المعدن يفقد اتزانه ومقاومته لتأثير القوة ويستجيب لها ولذلك نلاحظ انحراف مباشر عن الخط المستقيم •

حد التناسب Proportional Limit

هي نقطة نهاية الخط المستقيم الذي يربط علاقة الجهد بالاجهاد



شكل رقم (٩٧)

متانة الخضوع Yield Strength

وضحنا من قبل انه في تجربة الشد نستطيع رسم العلاقة بين الجهد والاجهاد وذلك بزيادة الحمل بصورة تدريجية واستطعنا الحصول على علاقة بين الجهد والاجهاد في المدى المرن Elastic range

نقطة الخضوع Yield Point

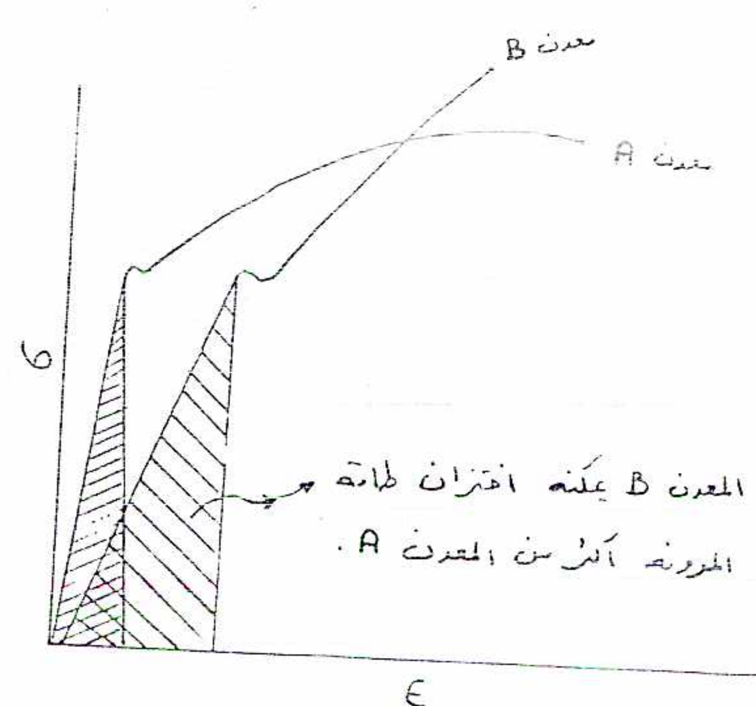
هي النقطة التي يبدأ فيها المعدن الخضوع تحت تأثير قوة الشد •

من دراسة المعادن والفحص المجهري نستطيع تفسير ظاهرة منحنى الجهد

والاجهاد ويمكن القول انه في المدى المرن يكـــون تأثير القوة على بلورات المعـدن وعلـى قـــوى التماسك بين البلورات والجزيئات وتستجيب هـذه البلورات في المدى المرن بالتغـــير في الشـــكل والاستطالة ــ ولكن عند وصول المعدن لنقطـــة الخضوع Yield point فانه يتواجد في المعدن منطقة ضعيفة يبدأ عندها انزلاق بلوري وعندماينتهي هذا الانزلاق يبدأ المعدن منجديد في تحمل القوى الشد ويبدأ انزلاق بلوري جديد في منطقة ضعيفة اخرى وهكذا ويتم ذلك بصورة متقطعة وهو ما يفســـر ارتفاع محدود للجهد ثم هبوط فجائي ثم ارتفـــاع جديد وهكذا وكل هذا يحدث في منطقـــة نقطـــة الخضوع وتسمى اعلى قيمة لنقطة الخضوع بالحد الاعلى المرن Upper Elastic Limit واقل قيمـــة لنقطـــة الخضـــوع بالحـــد الادنـــى المـــرن Lower Elastic Limit وان متوسط هذه القيـــم وهو مايعرف Elastic Limit وقيمة الجهد المناظر لهذه المنطقة هو مايعرف بمتانة الخضوع او بمتانة الحد المرن Elastic Strength or Yield Strength من المناقشة السابقة نستطيع القول بان نقطـــة الخضوع وحد التناسب والحد المرن هي في الحقيقة قيم متجاورة ونستطيع من الناحية العملية اعتبارها نقطة واحدة او ان يعبر احدها عن الاخـــر وان اهتمامنا ينصب اخيرا على جهد الخضوع او جهـد الحد المرن وعلى اساسه يعتمد المصمم بأخـــذ اعتبارات التصميم •

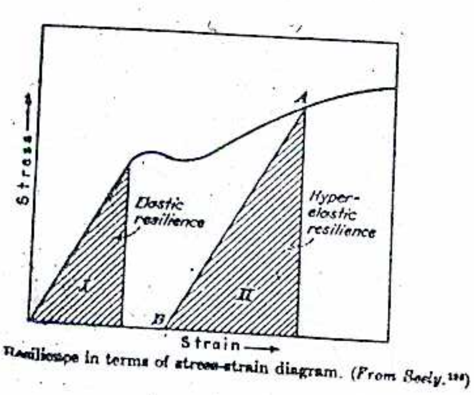
طاقة الخـــزن Resilience

لاشك ان استخدامنا المعادن ينحصر بصورة كبيرة في المنطقة المرنة Elastic Range ونستطيع الان التعرف على المعدن الذي يمكنه اختزان الطاقة بصورة اكبر من دراسة منحنى الجهد والاجهاد في المنطقة المرنة حسب الشكل رقم (٩٨) •



شكل رقم (٩٨)

والطاقة المعادة من الجسم في المدى المـــرن تعرف elastic resilience ويمكن حسابها لوحدة الحجوم عند الحد المـــرن .
وهي تساوي مساحة المثلث تحت نقطة حد المرونة .
اما في المنطقة اللدنة plastic فانه اذا ازيـل اثر يذكر للمرونة elasticity وعليه يمكـن تقسيم المساحة تحت منحنى الجهد والاجهاد الـى ثلاثة مناطق : منطقة المرونة elastic range ومنطقة المرونة ــ اللدنة elastic-plastic range ومنطقة اللدونة plastic range كما بالشكل



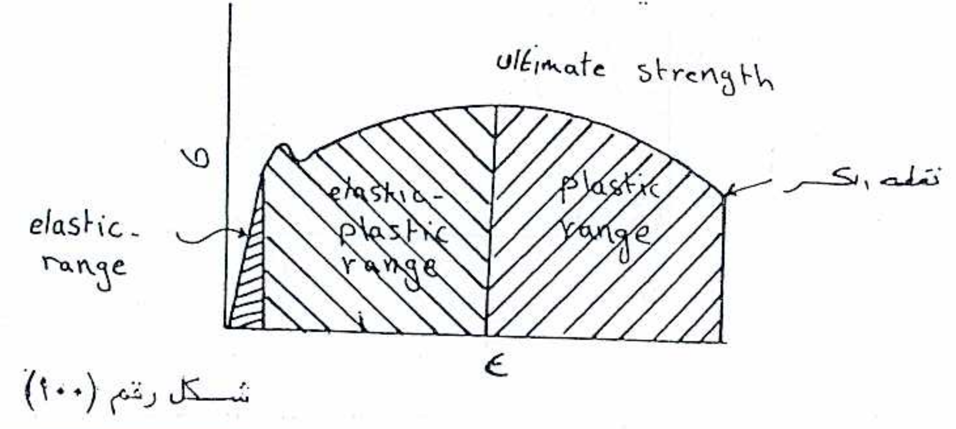
Resilience in terms of stress-strain diagram. (From Seely.)

شكل رقم (٩٩)

الحمل عند نقطة A فانه يبقى في المعدن الاجهـاد OB او ان المنحنى يبدأ من النقطة B عند اعادة التحميل ويتضح من ذلك ان المساحة II تمثـل قيمة طاقة الخزن في المنطقة اللدنة وتسمى هذه بـ hyper elastic resilience غير انه بعد نقطـة ultimate strength نجد انه لايبقى في المعدن رقم (١٠٠) .

تعيين جهد الخضوع عند اجهاد محدد

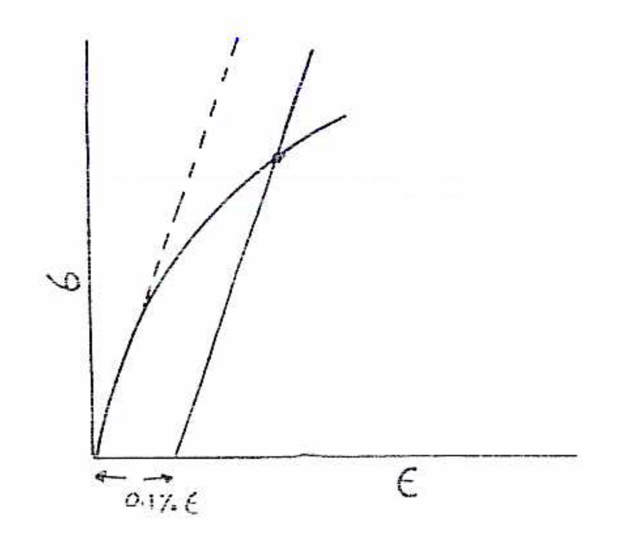
توجد معادن او مواد كثيرة لاتظهر نقطـة خضوع واضحة مثل الحديد الصـــب C.I. او المطاط ولذا نضطر الى توصيف جهد الخضوع عند نسبة معينة من الاجهاد مثال جهد الخضـوع

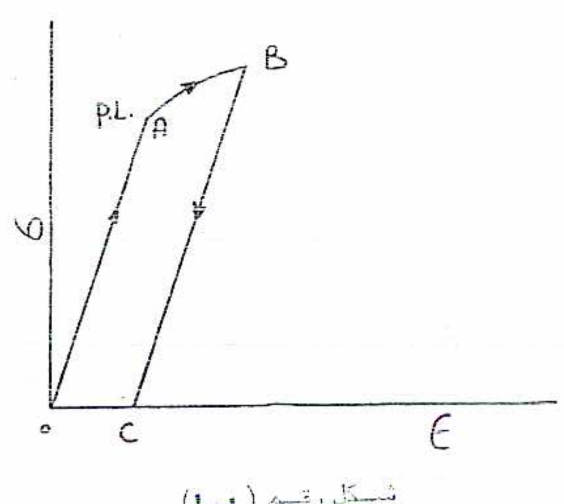


شكل رقم (١٠٠)

عند ١ر٠٪ او ٢ر٠٪ اجهاد محسوب لطول العينة كما بالشكل رقم (١٠١)

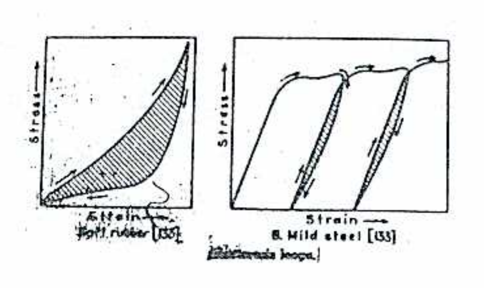
كما يلاحظ انه في المنطقة المرنة وحتى حـد التناسب Proportional Limit فانه اذا ازيلت القوة المؤثرة تعود العينة الى طولها الاصلي بدون اي زيادة في حين انه اذا زاد التحميل وتعدى حد التناســب .P.L فانه تحدث استطالة ثابتة فـي العينة Permanent set وتكون بقيمة C. ويمكن تعيينها بمسافة OC برسم خط موازي لـ OA من نقطة ازالة القوة B واذا حمل المعدن مرة





شكل رقم (١٠١)

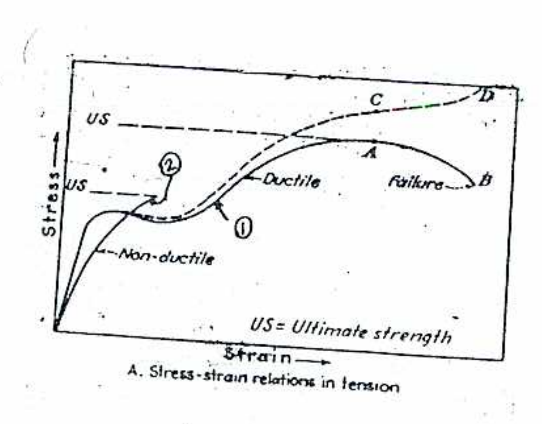
اخرى فان منحنى الجهد والاجهاد يبدأ من النقطة C وهي ماتعرف بخاصية التخلف Hysteresis كما بالشكل رقم (١٠٢) :



شكل رقم (١٠٢)

اقصى متانة وجهد الكسر
Ultimate Strength and breaking Stress

بعد نقطة الخضوع يبدأ المعدن في الانهيار السريع ويلاحظ استجابة المعدن العالية لتأثير القوة او انه يحدث استطالة بمعدل كبير في العينة بدون زيادة تذكر في القوة المؤثرة كما بالشكل رقم (١٠٣)٠



A. Stress-strain relations in tension

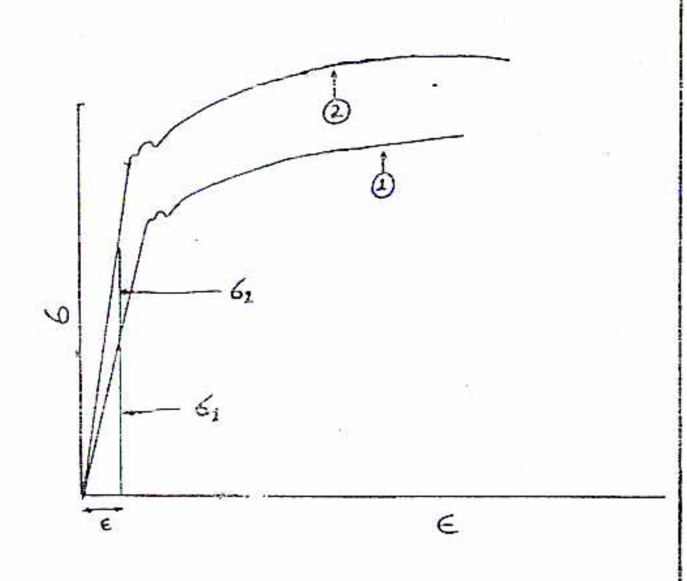
شكل رقم (١٠٣)

بعد ذلك يأخذ المنحني في الارتفاع قليلا نتيجة انسياب المعدن Cold working الى ان يصل الى اقصى جهد يتحمله المعدن Ultimate Strength وعند هذه النقطة يلاحظ تكون رقبة بالعينة neck وتستمر الاستطالة اللدنة Plastic Flaw الى ان يصل الى نقطة الكسر (B) breaking strength ويكمن تعريف اقصى متانة ultimate strength بأنه اقصى جهد يتحمله المعدن محسوبا على اساس مساحة مقطع العينة قبل بدء التجربة او انه الجهد الذي يسبب انهيار (كسر) العينة ٠

وفي الشكل السابق يلاحظ المنحني رقم 1 يمثل معدن ductile والمنحني رقم 2 يمثل معدن non-ductile وعلى المنحني رقم 1 تمثل النقطة A اقصى متانة بعد ذلك يتناقص الحمل نتيجة الانكماش في مساحة المقطع ٠ اما اذا حسب الجهد على اساس مساحة المقطع الانى اثناء اجراء الاختبار فاننا نحصل على المنحني المنقط وفيه يرتفع الحمل الى نقطة الكسر D واحيانا يسمى هذا المنحني المنقط بالمنحني الحقيقي للجهد والاجهاد True-stress-strain وفي الحقيقة فانه في المنطقة CD لا يمكن اعتبار الامر كذلك حيث لا تكون القوى المؤثرة هي فقط قوى الشد ولكن تدخل اجهادات جانبية مركبة نتيجة الانسياب الشديد في المعدن . وعليه يفضل دائما الحصول على المنحني العملي للجهد والاجهاد — محسوبا على اساس مساحة المقطع الابتدائية قبل بدء الاختبار واعتبار ان النقطة A هي جهد المتانة للمعدن ٠

التعرف على بعض الخواص الميكانيكية من منحنى الجهد والاجهاد

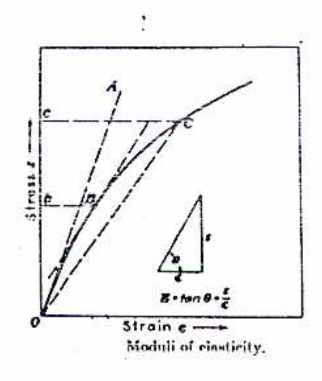
مقاومة التغير في الشكل Stiffness



شـــكل رقـــم ١٠٤

كما سبق القول فان الـ Stiffness تحدد علامه التغير النسبي في الشكل تحت تأثير الحمـل ويقاس بمعدل التغير في الجهد عند ثبوت الاجهاد . فالمعدن الذي يتطلب جهد اكبر لاعطاء اجهاد معـين يكون اكثر مقاومة للتغير في الشـكل Stiffness وكما بالشـكل السابق نرى ان المعدن 2 احتاج الى جهد اكبر σ_2 من جهد المعدن (1) σ_1 لاعطاء نفس الاجهـاد . ممـا سبق نستطيع القـول انه في المدى المرن elastic range فان معامل المرونة Modulus of elasticity (E) يعبر عـن خاصية Stiffness بصورة أدق من تعبيره عـن خاصية المرونة وكما يوجد ثلاثة جهود اسـاسية هي جهود الشد والضغط والقص Tension, compression and shear stress تكون هناك ايضا ثلاثة معاملات للاجهـاد الشد ، الضغط ، القص modulus of elastisity for Tension, compression and shear

اما اذا كانت القوة بشكل قص فقط shear يسمى معامل تغير الشكل stiffness بمعامل



شـكل رقـم ١٠٥

الجساءة Modulus of Rigidity

هناك بعض المعادن لا تكون مرنة تماما حتـى في الاحمال الصغيرة imperfectly elastic

ويعطي منحني الجهد والاجهاد لها منحنى مقـوس بدلا من الخط المستقيم في بداية التحميل ومثل هذه المعادن تضطرنا لاختيار معامل المرونة بصورة خاصة مثل معامل التماس الاولى Initial Tangent modulus ويعرف بميل خط التماس عند بداية منحني الجهد والاجهاد او بمعامل التماس عند جهد معين -B- Modulus at Stress Tangent هـذا ولم

تعرف بعد قيمة stiffness في المدى اللـــدن plastic range واحيانا تعرف عكس stiffness بتعريف Flexibility ولو انه مســتخدم فقط في تحميل الحنى bending واخيرا فان Stiffness or rigidity or Flexibility لجسم او منشأ يرتبط ايضا بمقاســات وتشـــكل المنشأ اضافة الى خواص المعدن •

طاقة الكسر Toughness

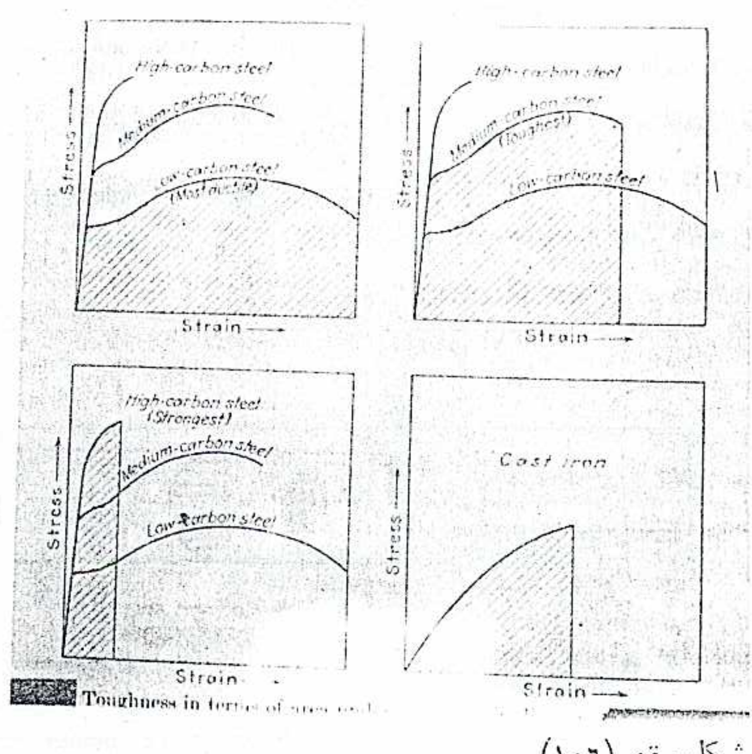
طاقة الكسر Toughness هي الطاقة اللازمة لكسر المعدن وتقاس بمقدار الشغل لوحدة الحجوم اللازمة لكسر المعدن تحت تأثير قوة استاتيكية ومن ذلك يتضح ان المســاحة الكاملة تحت منحني الجهد و د جـ - تمثل طاقة الكسر كما بالشكل رقم (١٠٦) :

وتتضح اهمية Toughness في المعادن المتعرضة لاجهـــادات عالية واجهادات تصادمية Impact loads قد تصل بالمعدن الى اعلى من جهد الخضوع •

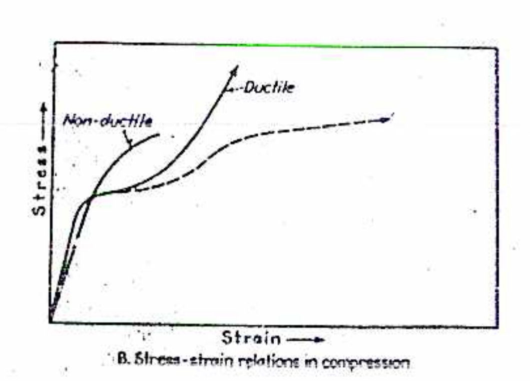
٢ ـ اختبار الضغط Compression Test

متانة الضغط Compressfive Strength

هو اقصى جهد يتحمله المعدن من قوى الضغط ويماثل منحني الجهد والاجهاد للحديد تقريبا شكل منحني الجهد والاجهاد في اختبار الشد. وفي المعـــادن القصيفة brittle ينهار المعدن بالكســر في اختبار الضغط في حين انه في المعادن ductile يكون من المناسب تحديد قيمة اختبارية باعتبار ان انهيار المعدن يتضمن تغير في شكل العينة وزيادة في مســاحة المقطع بصورة كبيرة • وفي اختبار الضغط



شكل رقم (١٠٦)



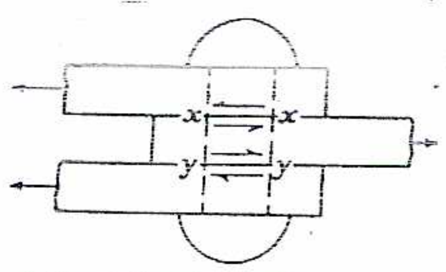
B. Stress-strain relations in compression

شكل رقم (١٠٧)

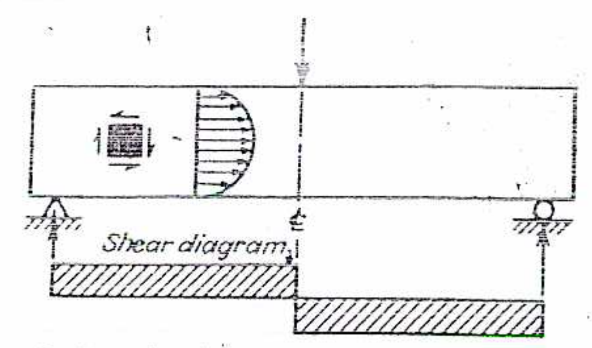
تعتبر جهود الضغط جهود سالبة وأجهاد الضغط اجهادات سالبةكما بالشكلرقم (١٠٧)يلاحظ هنا ان منحني True stress-strength يقع اسفل المنحني العملي نتيجة زياده مقطع العينة في اختبار الضغط .

٣ ـ اختبار القص

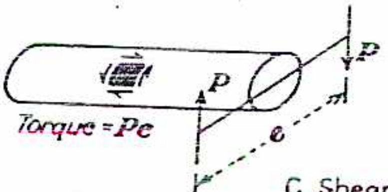
تنشأ جهود القص Shearing stresses اذا اثرت قوى متوازية متعاكسة الاتجاه على مساحة مقطع العينة بحيث تكون المسافة بينهامتناهية في الصغر ـ والمثال العملي لهذه الجهود هي جهود القص في مسمار برشام Rivet كما بالشكل رقم (١٠٨) .



A. Direct (double) shear in a rivet



B. Shear in a homogeneous beam of rectangular section



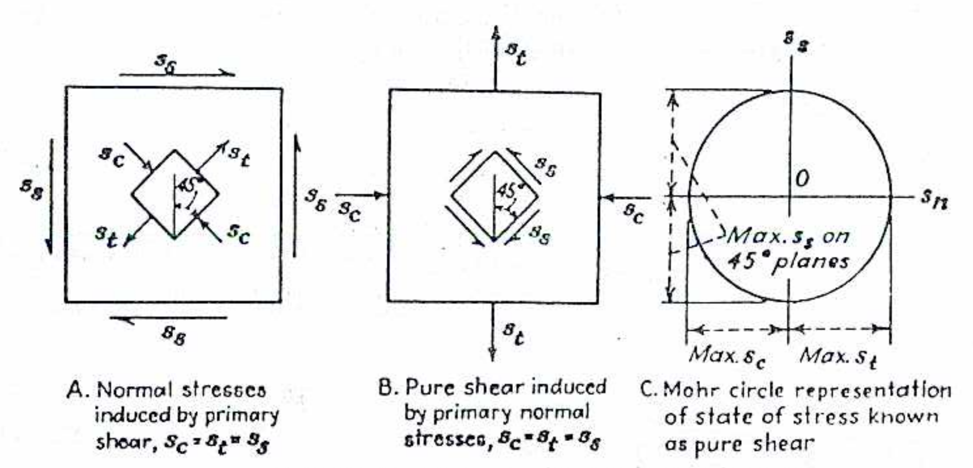
C. Shear produced by torsional loading

Loadings producing shear.

شكل رقم (١٠٨)

ايضا تنشأ قوى القص في اي جسم ذو ثلاثة ابعاد كنتيجة جانبية لتأثير قـــوى مباشـــرة direct force مثل قوى الضغط والشد كمـــا بالرسم .

وعند تأثير جهود القص على مكعب فانالاجهاد الناتج يمكن التعبير عنه بزاوية انحراف اضلع المكعب كما بالشكل رقم (١١٠) :



Relation between pure shear and normal stresses.

شكل رقم (١٠٩)

s_s ص ق

$\phi/2$

e_s س ق

L ل

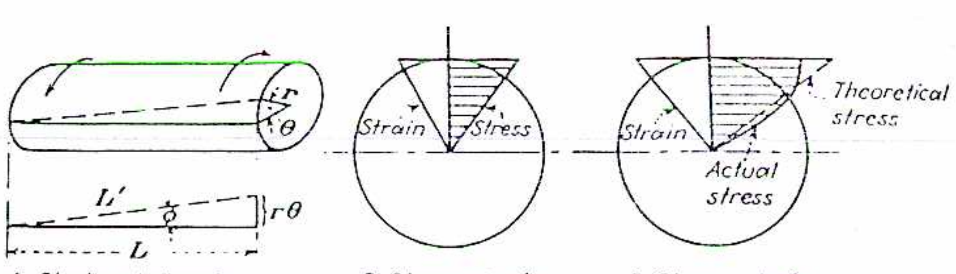
ϕ

ϕ or $\epsilon_s = \frac{e_s}{L}$

A B

Shearing strain.

شكل رقم (١١٠)



شكل رقم (١١١)

Strain and stress relationships in torsion.

وعمليا تقاس جهود القص بواسطة اللــــى ويمكن تعيين :-
Torsion في عمود من المعدن كما بالرســـم
شكل رقم (١١١) :

علاقة الجهد والاجهاد من اختبار اللى

فاذا كان عزم اللى ع ، القصور الذاتي القطبي
للعمــود ص polar moment of inertia

وحيث ص = $\frac{\text{ط نق}^4}{2}$

فان جهد القص $\sigma_{ق} = E_{ق}\,\phi = \frac{\text{نق}\,\theta}{\text{ل}} E_{ق}$

حيث $E_{ق}$ معامل الجساءة

ايضا يمكن حساب جهد القص من عزم اللى

$$\sigma_{ق} = \frac{\text{ع نق}}{\text{ص}} = \frac{2\,\text{ع}}{\text{ط نق}^3}$$

$$E_{ق} = \frac{\text{ع ل}}{\theta\ \text{ص}} = \frac{2\,\text{ع ل}}{\text{ط نق}^4\,\theta}$$

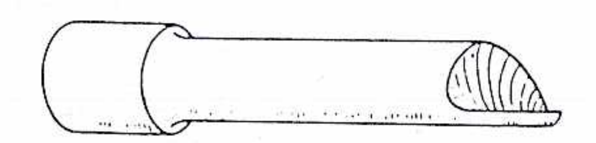
هذا ويمكن اثبات ان معامل المرونة في جهــد القص حوالي ٤٠ بالمائة من معامل المرونة في جهــد الشد أو الضغط بالنسبة للمعادن المتجانســـــة
Homogeneous Isotropic material
وهو ما ينطبق على الحديد الكربوني تقريبا ٠ولقياس Ductility في اختبار اللى يقارن طــول الالياف عند نهاية الكسر لَ بالطول الاصلـــي ل وتعين لَ بمعرفة ل ، ونق ، θ

$$\text{Ductility} = \frac{ل' - ل}{ل} \times ١٠٠$$

انهيار المعدن تحت تأثير قوى القص

Failure under Shearing Stress

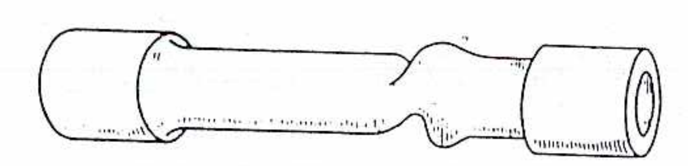
اذا كانت متانة الشد لمعدن ما اقل مـن متانة القص وكان المعدن تحت تأثير قوى القص فان المعدن ينهار بواسطة قوى الشد المؤثرة على مستوى يعمل (٤٥ درجة) مع مستوى اقصى قوى قص ويحـدث انفصال بواسطة قوى الشد هذه • وفي اختبار اللى Torsion يكون شكل الكسر لقطعة الاختبار لهذه الحالة على شكل حلزوني helicoldal surface كما بالشكل رقم (١١٢) :



شـكل رقـم ١١٢

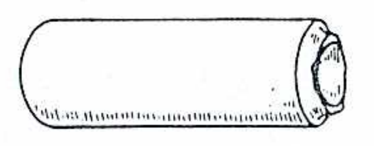
ونسبة متانة القص الى متانة الشـد تكون في حدود ٨ر• للمعادن الطرية ductile اما بالنسبة للمعادن الهشة brittle فتتراوح بين ١ر١–٣ر١ وبالنسبة للحديد الطري وشبه الطري ductile and semiductile تقترب من النسبة ٦ر• •

وفي اختبار اللى Torsion بالنسبة للعينـات ذات المقطع الاسطواني الاصم Solid Cylindrical bar نجد انه رغم وصول الياف السـطح الخارجي الى نقطة الخضوع yield في اول مدى الانسياب اللدن plastic range فان هذه الالياف تبقى متماسكة مع الالياف الداخلية التي لم تصل بعد الى نقطة الخضوع مما يجعـل تحديد حمل الانهيار بالغ الصعوبة بالنسبة لاجهزة القياس وعليه فانه يفضل عمل عينات من اسطوانات جوفاء تكون اكثر حساسية لقياس نقطة الخضـوع لجهد القص حيث تكون كل الالياف تقريبا تتحمـل نفس الجهود ، ولكن اذا كان لوح رقيق تحت تأثير قوى القص او انبوب ذو سمك قليل جدا تحـت تأثير اختبار اللى فانه قد يحدث انهيار المعـدن بالانبعاج buckling قبل وصول المعدن للانهيـار تحـت تأثـير جهد القص كما بالشكل رقم (١١٣):
اما اذا كان طول العينة قصير بالنسبة للقطر



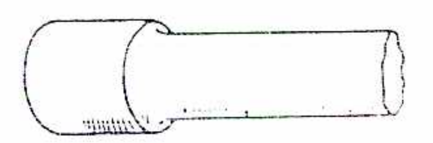
شـكل رقـم ١١٣

فان الكسر بالعينة يكون عمودي عليها كما بالشكل رقم (١١٤) •



شكل رقم –١١٤–

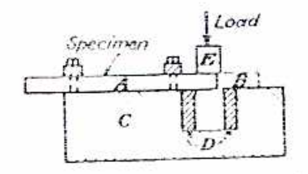
اما بالنسبة للعينات الصماء للمعدن الطـــري ductile فان الكسر يكون ايضا عمـــودي على العينة ويكون سطح الكسر ناعم smooth وكما سبق القول بان الالياف في مركز العينة لا تصل الى جهد الكسر وفي الغالب فان الاليـــــاف الوسطية تكسر بواسطة الشد نتيجة لتعرج الحواف الخارجية وتؤدي لعمل مركز يشد الالياف الوسطية ويكسرها كما بالشكل رقم (١١٥) ٠



شكل رقم ـــ١١٥ـــ

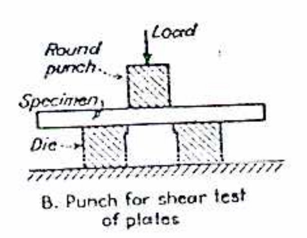
أختبار القص المباشر The direct Shear Test

لاجراء اختبار القص على المعادن بصـــــورة مباشرة تستعمل أجهزة ومعدات خاصة كما بالشكل رقـــــم (١١٦) ٠



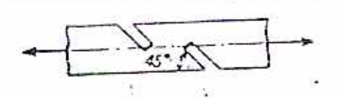
A. Johnson shear tool for single (or double) shear test of round or rectangular stock

جهاز جونسون لاختبار القص المفرد او المزدوج
ـالعينة اسـطوانية او مستطيلةـ
شـــكل رقـــم ١١٦



B. Punch for shear test of plates

شـــكل رقـــم ١١٧ اختبار القص للالواح



C. Slotted specimen for test of flat metal

شـــكل رقـــم ١١٨

اختبار القص للعينات المسطحة

في جهاز جونسون لاختبار القص توضع العينة ـــأـــ وتكون ذات مقطع مستطيل (١ × ٢) انـــج او اســـطوانية بقطر ـــ١ـــ انج وتربط علـــــى القاعدة ـــجـــ وبتأثير الحمل يمكن عمل قص مفــرد او مزدوج اذا تحركت العينة الى الوضع ـــبـــ ، والقالب يكون مصنوع من حديد مقسى ومجلـــــخ بحواف حادة حتى يكون جهد القص هو المؤثـــــر فقط ، وفي اختبار القص للالواح يستعمل جهـــــاز مشـــابه ولكن الحمل يؤثر على قرص من اللوح ، وفي بعض الاحيان تستخدم عينة ذات شروح بزاوية

٤٥درجة وعند شد العينة تؤثر قوى القص علـى المسافة بين الشرحين كما بالرسم اعلاه (شكل رقم ١١٨) .

اختبار اللى

في اختبار اللى يجب اختيار العينات بمقاسات مناسبة لتفي بالمتطلبات الاتية :

١ ـ يجب اختيار حجم العينة بحيث تسمح بقياس الاجهاد الناتج بدقة مناسبة .

٢ ـ يجب ان تكون ذات خصائص بحيث لا تتاثر المنطقة التي سوف يجري عليها قياسات اجهادات القص بقوس التثبيت بين فكي الجهاز Stresses due to gripping the ends وفكي الجهاز تكون على شكل مسنن serrated بحيث تمسك بالعينة مباشرة عند تحميل العزم ، ويجب اعطاء عناية خاصة في جعل طرفي العينة على استقامة واحدة بحيث تلغى اي احتمال لتدخل قوس الحنى bending وغالبا ما تكون بالجهاز مراكز تثبيت نهايتي العينة لتحقيق الاستقامة المطلوبة وكما سبق القول فانه في العينات الصماء لا يمكننا بسهولة تعيين جهد القص ultimate Shear Strength ولذا تفضل العينات الجوفاء ويفضل ان تكون المنطقة المصغرة Reduced Section بين نهايتي العينة والتي تتحمل جهود اللى ـ قصيرة ـ فاذا كان طول الجزء المصغر ـ ل ـ والقطر ـ ق ـ فان ل/ق يجب ان تكون حوالي ـ ٥ر٠ ـ اما نسبة القطر ـ ق ـ الى سمك الانبوب ـ س ـ اي ق/س تكون في حدود من ١٠ الى ١٢ .

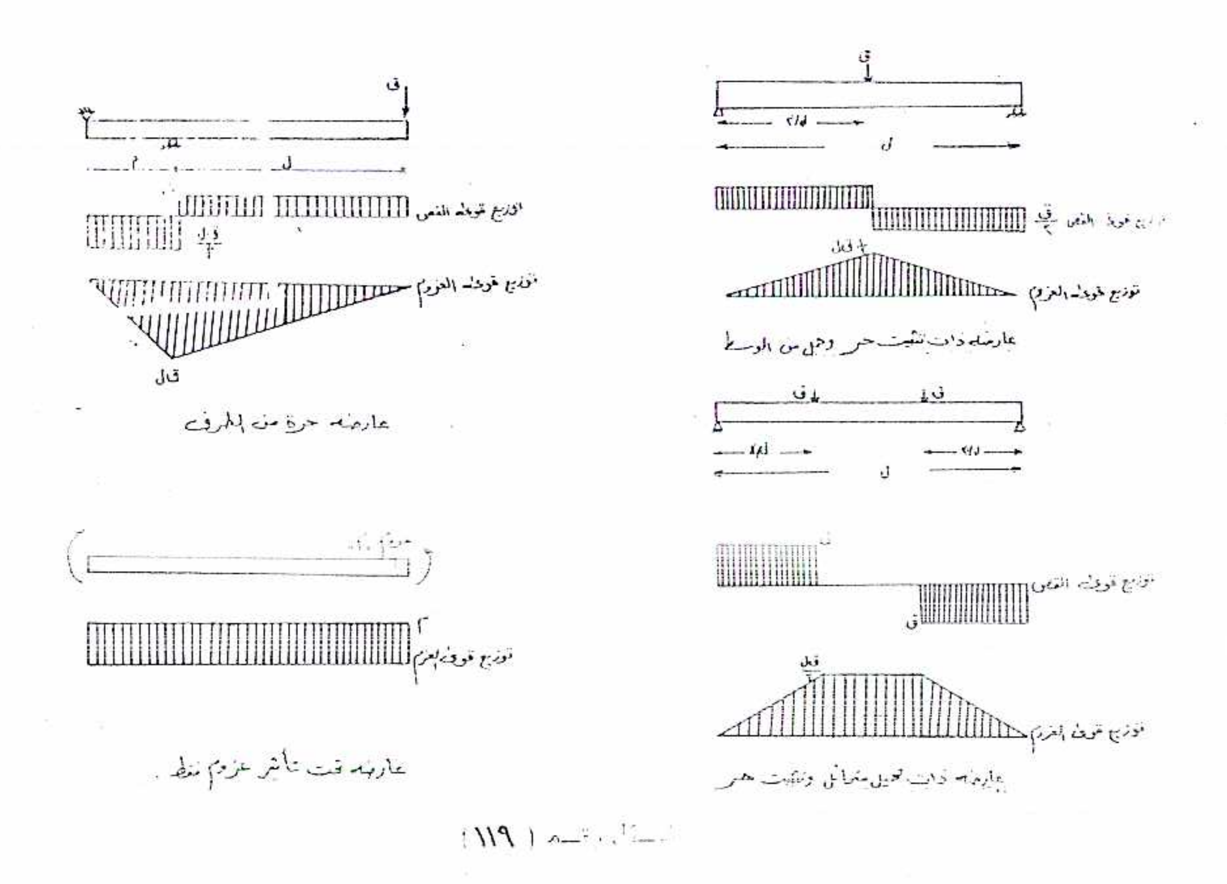
اما اذا اريدتحديدنقطة الخضوع في جهد القص Shearing Yield Strength ومعامل الجساءة Modulus of Rigidity فانه يختار عينة جوفاء بطول حوالي عشر مرات على الاقل من قطر العينة وتكون نسبة ق/س في حدود من ـ ٨ ـ الى ـ ١٠ ـ اما اذا زادت النسبة عن ذلك فقد يحدث الانبعاج buckling كما سبق شرحه وعموما فان مقاسات العينة حسب الحدود السابقة يتوقف على نوع وحجم ماكينة الاختبار ، وعند اخذ عينات من الانابيب يجب وضع سدادات plugs في نهايتها حتى تتحمل قوى المسك gripping في فكي الجهاز ، واجهزة اللى مختلفة الانواع ولكنها عموما تكون ذات فكين مسننين احدهما ثابت والاخر متحرك بطريقة ميكانيكية يتيح اعطاء العزم المطلوب وتوضع اجهزة قياس مناسبة لقياس زاوية اللى .

اختبار الحنى Bending Test

يقال ان الجسم تحت تأثير الحنى اذا نشأت جهود الشد Tensile Stresses في جزء من مقطع الجسم والجزء الباقي ينشأ فيه جهود الضغط Compression Stresses

وكمثال على ذلك العارضة beam تحت تأثير قوى عمودية على محورها او عند تأثير قوى متوازية مع المحور على مسافة معينة ـ عزوم ـ وكثير من اجزاء الماكنات او التراكيب تكون متعرضة

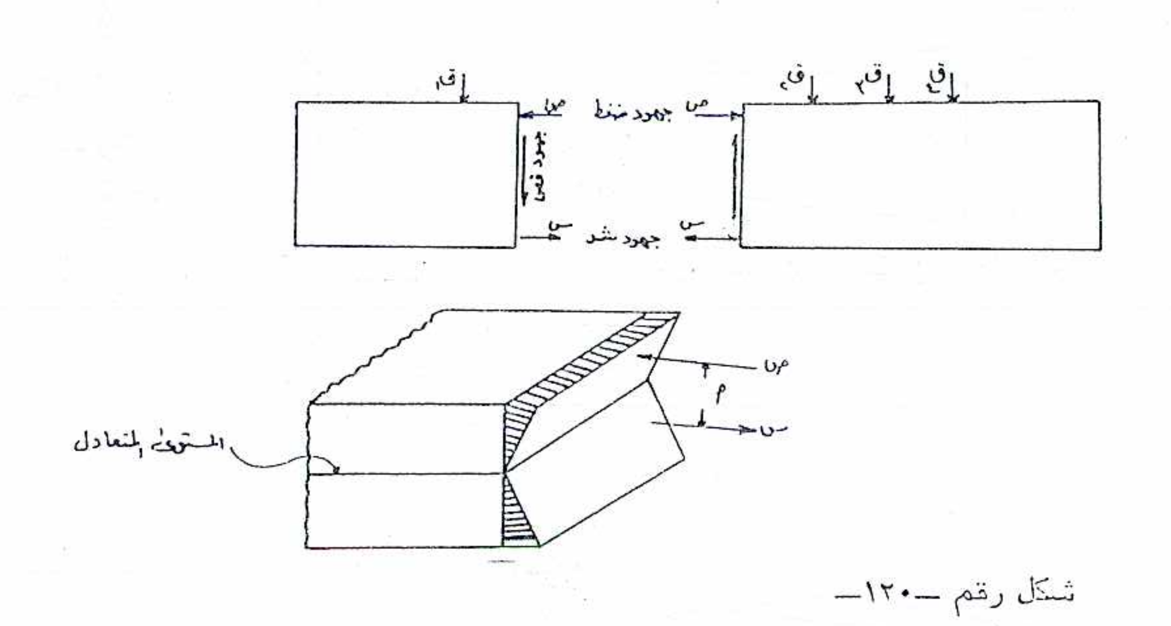
لقوى الحنى وقد تكون قوى الحنى بجانب قــوى اخرى مثل قوى الشد او الضغط او القص العرضي او الالتواء ، غير انه من المناسب في اختبارات الحنى دراسة المعدن تحت تأثير قوى الحنى فقط ومايلازمه من قوى القص العمودية كما في الرسوم التالية : شكل رقم (١١٩) .



شكل رقم (١١٩)

وتوزيع قوى العزم على العارضة يحسب عند مقطعها على اساس عزوم جميع القوى يسار او يمين ذلك المقطع والجهود الناتجة بتأثير قوى العزوم قد تسمى بجهود الحنى bending stresses ولاتزان هذه الجهود تكون محصلة جهد الشد دائما مساوية لجهود الضغط عند اي مقطع والمحصلتين يعملان عزوم معاكسة او رد فعل للعزم الخارجي بتأثير قوي التحميل كما بالشكل رقم (١٢٠)

نتيجة الاحمال العمودية على المقطع وتساوي المجموع الجبري للقوى (يسار) المقطع مقسومة على مساحة المقطع — غير انه يمكن بطرق تحميل خاصة حذف هذه الجهود وجعل العارضة محملة فقط تحت جهود الحنى pure bending وفي جهود الحنى يوجد سطح متعادل تكون فيه الجهود تساوي صفر neutral surface.
ونجد ان على احد جانبي هذا السطح تستطيل



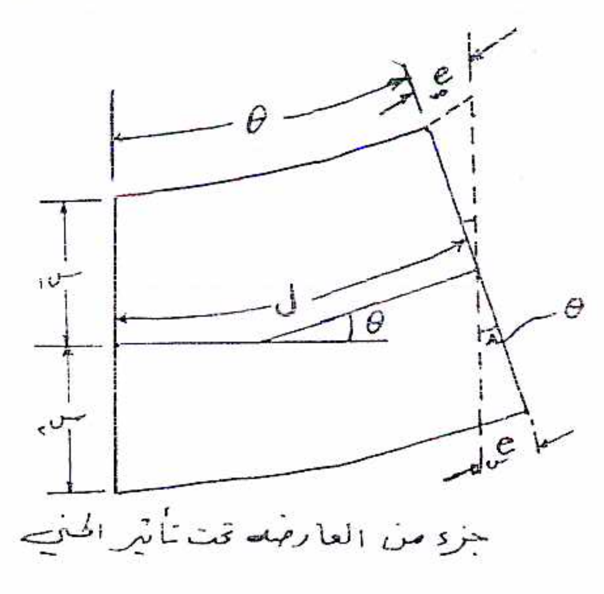
شكل رقم —١٢٠—

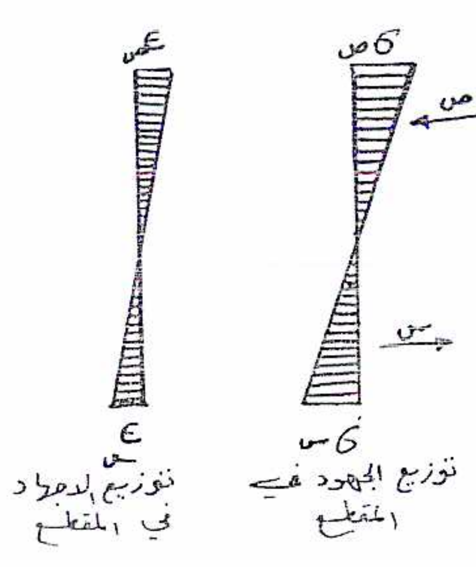
ص = س
العزوم = ص أ = س أ
في المدى المرن تكون جهود الشد والضغط متعادلة وجهود القص تنشأ موازية لمقطع العارضة

الالياف Fibers تحت تأثير قوى الشد وفي الجهة الاخرى تقصر الالياف او تنضغط تحت تأثير قوى الضغط ، كما ان اجهادات الشد او الضغط تتناسب مع بعدها من السطح المتعادل

بحيث تكون اكبر قيمة لها عند اسطح العارضة كما بالشكل رقم (١٢١) :ـ

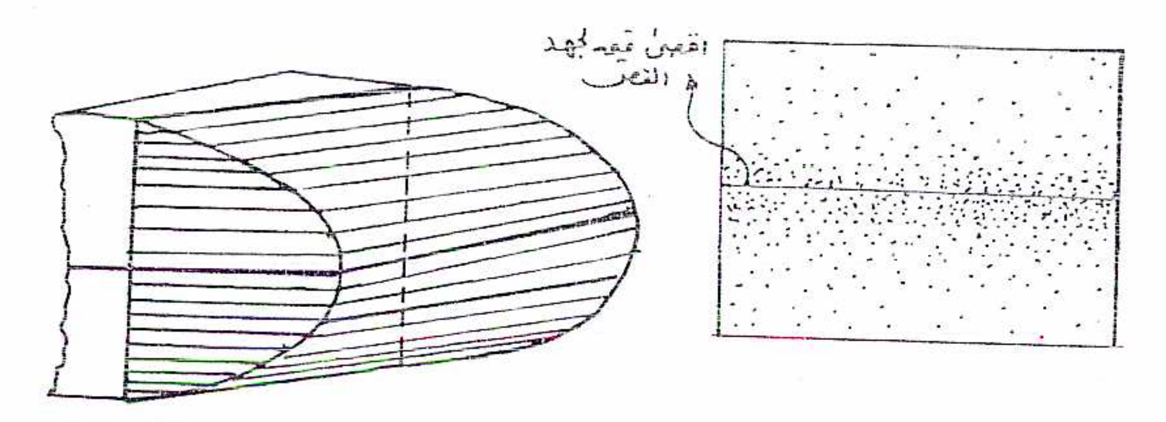
وهذه العلاقة الخطية Linear بين الجهد والاجهاد تنطبق على المدى المرن في حالة المعدن ، ايضا فان جهود القص الموازية لمقطع العارضة يكون توزيع الجهود فيها على شكل


جزء من العارضة تحت تأثير الحني



شكل رقم ـ١٢١ـ

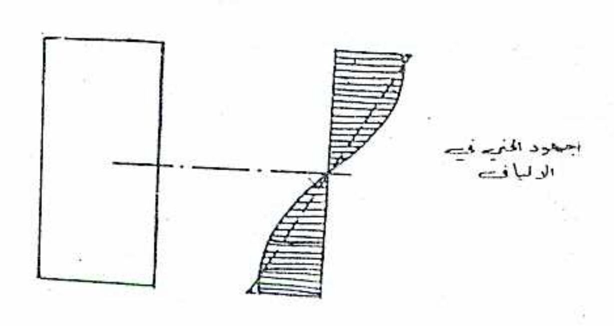
قطع مكافىء بحيث تكون أكبر قيمة للجهد عند منتصف المقطع كما بالشكل رقم ١٢٢ .



شكل رقم (١٢٢)

اما على نقطة الخضـــوع yield point فان توزيع الجهود على المقطع لايكون خطيا نتيجة عدم تناسب الجهد والاجهاد كما بالشكل (١٢٣) وهو

جهود الحنى على اساس الحساب النظري في المدى المرن . ويلاحظ ان قيمته اعلى من القيمة الحقيقية عند الالياف الطرفية .



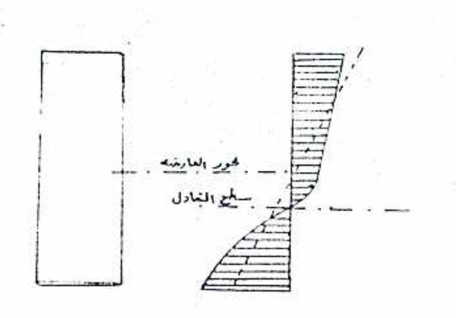
شـــكل رقـــم ١٢٣

شكل رقم ـــ١٢٣ـــ

يمثل توزيع جهود الحنى في عارضة متجانســـة مقطعها متماثل symmetrical ومعدنها لـــه نفس خصائص الجهد والاجهاد Stress-strain Characteristics سواء في الضغط او الشـــد .

ويلاحظ بالرسم ان الخط المنقط هو توزيـــع

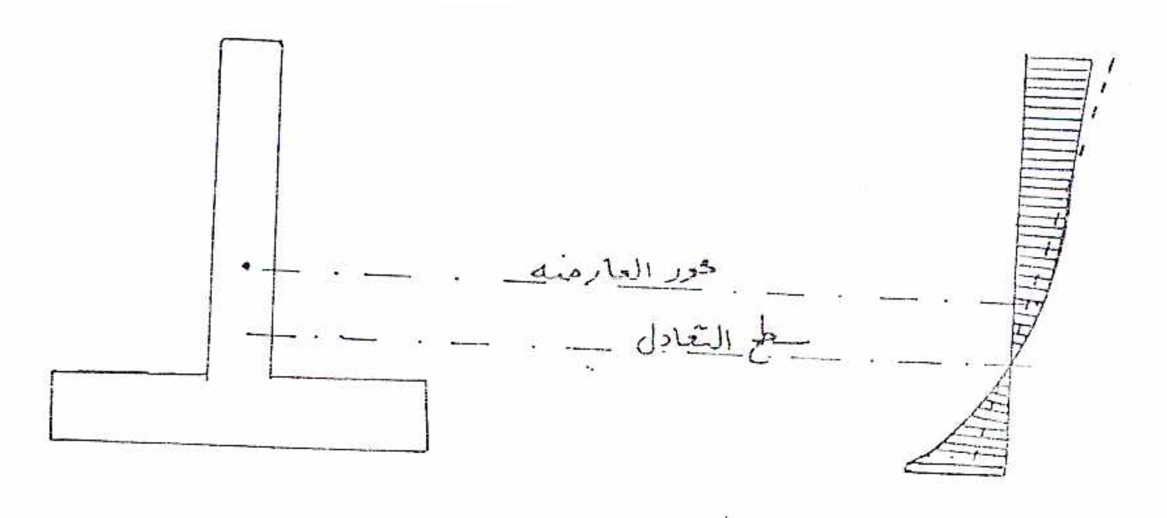
اما في حالة المعدن الذي لاتتساوى لـــه خصائص الجهد والاجهاد في الضغط والشد فنرى في هذه الحالة ان المستوى المتعادل يتحرك مـــن مكانه الى الناحية الاكثر مقاومة stiffer side للبقاء على التساوي بين جهد الشد وجهد الضـــغط كما بالرسم : شكل رقم (١٢٤) .



ـــــ ١٢٤

وفي هذه الحالة نجد ان الجهود المحسوبة نظريا تكون اكبر من الحقيقة في الناحية الاقل مقاومة واقل من الناحية الاكبر مقاومة ايضا فان شكل مقطع العارضة له علاقة بتوزيع الجهود فوق نقطة الخضوع كما بالشكل الاتي : شكل رقم (١٢٥) •

١ ـ قد يحدث انهيار العارضة اذا وصلت الالياف الطرفية الى نقطة الخضوع yield point عند ذلك فان انحناء العارضة deflection يزداد بسرعة بالنسبة لزيادة الحمل • اما اذا كانت العارضة ذات مقطع عريض stocky section او مثبتة جيدا من الطرفين بحيث يكون من الصعب



شكل رقم ـ١٢٥ـ

في هذه الحالة نجد ان سطح التعادل اقترب من الناحية التي بها معدن اكثر نتيجة لانهيار الالياف من الناحية الاخرى لتعرضها لاجهادات عالية واصبحت الناحية ذات التركيز الاكثر للمعدن تتحمل جهود أكبر من الجهود النظرية لتتساوى قوى الضغط والشد •

انهيار المعدن تحت تأثير قوى الحني

يحدث الانهيار او الكسر في العوارض تحت تأثير قوى الحنى باي من الاسباب التالية :ـ

حدوث الالتواء Twist او الانبعاج buckle فان الانهيار يحدث بواسطة الارتخاء التدريجي gradual sagging حتى يصل الى درجة كبيرة لايمكن اعتبار العارضة عندها مفيدة من ناحية سند الاحمال •

٢ ـ في العوارض ذات الامتداد الكبير Long span فان الالياف المتحملة لاجهادات الضغط تنهار مثل الياف الاعمدة Columns تحت تأثير الضغط حيث يحدث الانهيار بواسطة الانبعاج buckling ، وفي الغالب يحدث الانبعاج في الاتجاه الجانبي وقد يكون سببا رئيسيا او

ثانويا في الانهيار وفي العوارض التي تكون جهود الحنى فيها عالية بحيث تكون هي السبب الرئيسي في الانهيار • واذا لـم تثبـت العارضـة بدرجة كافية ضد الانبعاج الجانبي فان تأثير الانبعـاج يعجـل بفقدان اتـزان العارضـة ويحـدث الانهيار • وعلى العموم فان وصول الالياف الطرفية الى نقطة الخضوع تحت تأثير قوى الحنى في هذه الحالة يكون هو المحدد لكون السبب الرئيـسي للانهيار هو جهود الحنى ، اما عدم وصول الالياف الطرفية لنقطة الخضوع وعدم اتخاذ الاحتياطات اللازمة لمنع الالتواء او الانبعاج الجانبي فانه في هذ هالحالة يكون السبب الرئيسي للانهيار هـو ظاهرة الانبعاج buckling ، وظاهرة الانبعاج تحد من قيمة المتانة خاصة في العوارض العميقـة deep beams مثل العارضة على شـكل I او ⊏ حيث تكون الفلنجات المتحملـة لاجهادات الشد والضغط مرتبطة بعصب خفيـف Thin web وسواء كان الانبعاج هـو السبب الرئيسي او الثانوي فان خطورته تأتي من حدوث الانهيار بصورة فجائية •

٣ ــ الانهيار في العوارض ذات العصـب الخفيف Thin web مثل العارضة على شكل حرف I قد يحدث نتيجة اجهـادات القص العالية في العصب excessive shearing stresses او نتيجة الانبعاج في العصب تحت تأثير جهود الضغط القطرية والتي دائمـا تصاحب جهود القص • وقد تكون السبب الرئيسي في الانهيار خاصة اذا كان طول العارضة قصـير والعصب خفيف ويحدث الانهيار نتيجة جهـود القص اذا وصلت قيمتها الى نقطـة الخضـوع في القص بمساعدة اي اسباب ثانوية مثل الانبعاج او الالتـواء •

٤ ــ قد يحدث الانهيار في العوارض قريبـا من نقاط التثبيت حيث يزداد في هذه المناطق تركيز جهود ضغط التثبيت Transmit concentrated Loads او رد الفعل • ونتيجة لهذه الجهود المركزة قـد تصل بالمعدن الى نقطة الخضوع خاصة في مناطق اتصال العصب بالفلنجة •

والانهيار في العوارض الهشة مثل الحديـد الصب Cast Iron او الخرسانة Concrete غالبا ما يحدث بصورة فجائية . وفي مثل هذه المواد عندما تقترب الجهود من الالياف فان السـطح المتعادل يزحزح في اتجاه الالياف المتحملة لجهود الضغط في محاولة لدعم العارضة من الانهيـار • واخيرا يحدث الانهيار في الالياف المتحملة لجهود الشد حيث تكون متانة الشد في مثل هذه المـواد جزء من قيمة متانة الضغط • فمثلا قيمة متانـة الشد الى متانة الضغط في الحديـد الصـب Cast Iron حوالي ٢٥٪ وفي الخرسـانة حوالي ١٠٪ •

استخدامات اختبار الحنى

اغلب الانشاءات وكثير من الاجزاء الميكانيكية تكون مصممة بصورة رئيسية لتتحمل جهود الحنى. وحيث يكون في اعتبارات التصميم خواص المعدن

في حالة جهود الضغط او الشد أو القص نـرى ان المعادلات التي تربط هذه الخواص في جهود الحنى قد تعطي نتائج تقريبية للحالة الحقيقية وكما انـه يكون من الصعب فيحالات كثيرة عمل تحليـل نظري كافي لتأثير نشوء الجهود نتيجة تركيـز الاحمال او التحميل غير الطبيعي او الالتواء وعدم التجانس او خلافه ، وفي مثل هذه الحـالات فان اختبار الحنى قد يساعد كثيرا للتعرف على خواص المعدن تحت تأثير قوى الحنـى وبالظـروف الطبيعية للاستخدام من حيث حجم وشكل وسعة الجزء •

واختبار الحنى يستعمل اساسا لتعيين المتانة والجساءة Rigidity في حالة الحنـى وبعض الخواص الاخرى مثل طاقـة الخـزن resilience كما وان اختبار الحنى يمتاز بانه يحتاج الى احمال صغيرة لحد ما وسهل الاستخدام ويستعمل في عمليات مراقبة الجودة بالنسبة للمعادن الهشـة وفي عمليات اختبار اللحام •

ويتم اجراء اختبار الحنى بصورة مشابهـة لما يتم في اختبار الشد أو الضغط من حيث تعيين معامل الكسر modulus of rupture بتحديد نوع العينة والطول بين نقط التثبيت ونوع الحمل ومعدل التحميل ••• وهكذا • ولحساب معامـل المرونة في الحنى modulus of elasticity ترسم العلاقة بين الحمل والانحناء ويحسب من الحنى وتستخدم هذه القيم للتعويـض فـي معادلات الحنى •

اختبارات الحنى للمعادن

يسـتخدم اختبـار الحنـى البـارد Cold bend Test للمعادن كاختبار سـهل وسريع ومرضي في نفس الوقت للتعـرف علـى ليونة المعدن ductility خاصة عندما يكون اختبار الحنى على زاوية كبيرة وبصورة حـادة ويلاحظ في العينة بعد الاختبار وجود شقوق على السـطح الخارجي المنحني وفـي بعض الحـالات تحدد الزاوية التي يبدأ عندها ظهور الشقوق في العينة وقد يختلف مقدار التشـدد في اجـزاء الاختبـار severity of the test باستعمال حجوم مختلفة من الروابط pins التي يتم اجـراء الحنى حولها • وقد يستخدم اختبار الحنى فـي تعيين او مراجعة الليونة بعد التعامل الحراري او البارد واختبار الحنى البارد كما هو واضـح مـن اسمه يتم في درجة الحرارة العادية ويسـتخدم للحديد لاظهار نسبة الكربون العالية جدا أو نسبة وجود الفسفور او عيوب Rolling واختبـار الحنى تنص عليه المواصفات في حالات عديـدة خاصة المعادن التي على شكل اعمدة Rods أو الواح Plates والتي تستعمل في اوعيـة

الضغط وحديد التسليح ومسامير البرشام Rivets وايضا في اختبار الليونة في اللحام • وقيمة زاوية الانحناء او قطر الرابط pin الذي يتم حوله الحنى بدون ظهور شقوق تحدده المواصفات حسب نوع المعدن ومجال استخدامه •

هذا وهناك اختبار الحنى الساخن hot bend ويستخدم لفحص الحديد الخام حيث يسخن لدرجة حرارة (١٨٠٠°ف) ويعطي فكرة عن نسبة شوائب الكبريت ، وهناك ايضا اختبار الحنى بعد التسقية Quenching حيث تسخن العينة ثم تسقى وبعد ذلك يجري عليها اختبار ومثل هذا الاختبار يستخدم لاظهار نسبة الكاربون العالية خاصة في مسامير برشام المراجل•



اختبار الصــلادة Hardness Test

اعداد / السيد شمعون جرجيس

ان المفهوم العام للصلادة يرتبط بقيـــــاس جودة المادة من حيث التماســك والتجانس فــــي الانسياب او الخضوع تحت تأثير القوى ، وهناك عدة انواع من التعاريف للصلادة والتي اتخــذت كاساس لاختبارات الصلادة المتنوعة اهمها مقاومـــة المادة للاختراق الدائم بواسطة احمال استاتيكية او ديناميكية ، او هي مقدار الطاقة المتصة تحــت تأثير الاحمال التصادمية او هي مقاومة الخدش او هي مقاومة القطع او الثقب او التآكل الاحتكاكي ، وبطبيعة الحال فان التعاريف السابقة قد نشــأت نتيجة الاحتياج لتقيم اداء المادة كميا تحت ظروف استخدام مختلفة وبالرغم من ان التعاريف السابقة قد تبدو متفرقة المعنى ، الا ان اختبار الصــــلادة بطريقة ما حسب احد التعاريف السابقة يكون مقيد في مجال استخدام معين .

وبالرغم من ان جميع انواع قياسات الصلادة هي بدون شك دالة لقوى الترابط الذري للمـــادة الا انها لاتعبر عن هذه القوى بنفس الطريقة او بنفس الدرجة وعليه فانه لاتوجد طريقة من طرق قياس الصلادة تعبر بصورة متطابقة عــن خاصية اخرى من الخواص الميكانيكية ومع ذلك فهنــــاك بعض الطرق لاختبارات الصلادة اقرب من الطرق الاخرى ارتباطا بخاصية متانة المعدن في الشــد Tensile strength وطرق اخــرى اقــرب ارتباطا بخاصية الليونة ductility او طاقة الخزن Resilince وهكذا ...

ومما تقدم نرى ان اختبار الصلادة بطريقة معينة يصلح من الناحية العملية لمقارنة الصلادة النسبية لمواد مشابهة وتحت نفس الاسس . فمثلا نتائج اختبار الصلادة النسبية بواسطة انضغاط كرة من الحديد المقسى لايمكن مقارنتها اذا اجرى نفس الاختبار على المطاط ، ولكن قد يكون مــــن المفيد جدا مقارنة النتائج اذا اجرى الاختبار على عينات من الحديد اجرى لها معاملات حراريـــــة مختلفة او بتطبيقه في تبويب انواع من الحديـــــد ذات نسب مختلفة من الكربون .

مجال استخدام اختبارات الصلادة

ان استخدام اختبارات الصلادة واســـــع الانتشار وخاصة على المستوى التجاري بالنســبة للمعادن عنه بالنسبة للمواد الاخــرى ويمكـــن استخدام اختبارات الصلادة فيما يلي :-

١ ــ ترتيب او تبويب المعادن المتشابهـــــة حسب نتائج اختبار الصلادة وقد ينص على نوع معين حسب ترتيب اختبار الصلادة للاستعمـــال في مجال معين ، ويجب العلم ان رقم الصــــلادة لايمكن اعتماد نتائجه عند التصميم او التحليـــل الرياضي مثل متانة الشد Tensile Strength

٢ ــ التحكم في الجــــودة للمعـــادن او المنتجات وتجانسها في عمليات Rolling او المعاملات الحرارية او الطرق Forging رغــم ذلــك .

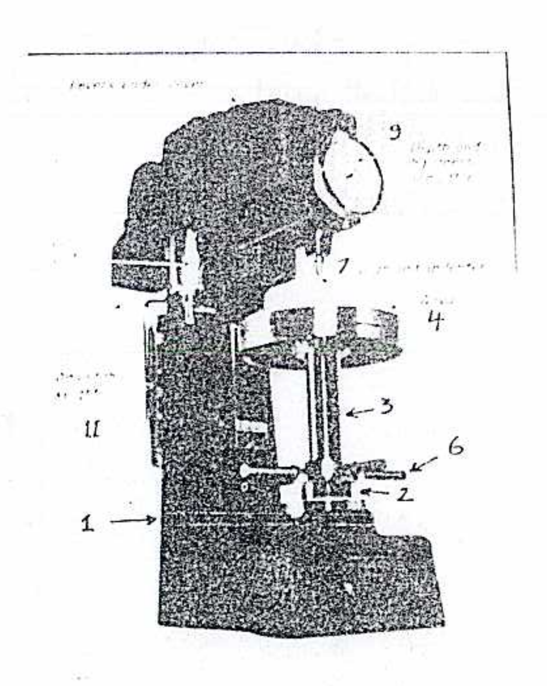
٣ ـ لعمل جداول مقارنة Correlation بين الصلادة وبين خاصية اخرى مـــن الخواص الميكانيكية مثل متانة الشد Tensile Strength ، فمثلا تستخدم طريقة برنيل للصلادة للمراجعــة السريعة عن تجانس العينات في متانة الشد وهــل يتطلب الامر اجراء اختبارات تفصيلية ام لا •

ويجب ذكر ان جداول المقارنة هذه تنطبــق فقط على مدى معين من المعادن سبق دراســـتها وتطابقها عمليا ، ونادرا ماتستخدم معادلات عملية empirical relations لربط العلاقــة بين الصلادة ومتانة الشد غير انها يجب ان تطبق بحذر شديد لان هذه العلاقة ليست منتظمة فـــي جميع الحالات •

٤ ـ هناك جداول لتحويل وحدات الصلادة لبرنيل وركويل وفيكرز احدهمـــا الـــى الاخـــرى والجداول ادناه توضح ذلك •

اختبار الصلادة بجهاز برنيل :ـ

وتستعمل هذه الطريقة لتحديد صـــــلادة الاجزاء المتوسطة وذات سمك اكبر من ١/٤ انـــج عادة • وفي هذه الطريقة تضغط كرة من الصـــــلب المقسى ذات قطر معروف D بضغط ثابت P على سطح الجزء المختبر بعد تنظيفه على حجـــر الجلخ ، فكلما كان المعدن اكثر صلادة كلما كـــــان قطر الاثر الذي تتركه عليه الكرة اصغر ، وتضغط الكرة باستخدام اما مكبس هيدروليكي او مكبس ميكانيكي كما في الشكل رقم (١٢٦) الذي يمثل مكبس هيدروليكي •



شـــكل رقـــم ١٢٦

يتكون من البدن 1 ، والصامولة الثابتة 2 واللولب 3 توضع العينة 5 على المائدة 4 ثم تقرب الى الكرة 7 بتحريك العجلة 6 • ثم يضغط الزيت بواسطة ذراع المضخة 10 من الخزان الى اسطوانة المكبس فيولد بذلك الضغط اللازم على الكرة . وفي الوقت نفسه يؤثر هذا الضغط على المكبس ذي الاثقال 11 والمانوميتر (9) وبواسطته يمكن قياس الضغط P على الكرة وبعد ذلك يزال الضغط ويقاس قطر الاثر d الذي تركته الكرة بعدسة خاصة عليها تدريج كل ١ر٠ ملم • ويختار قطر الكرة ومقدار الضغط حسب السمك والصلادة التقريبية المختبرة كما في الجدول التالي :

وزمن ابقاء الضغط (١٠) ثوان للمواد الصلدة و (٣٠) ثانية للمواد اللينة ويحسب رقم صلادة برنيل (ويرمز له HB) • من المعادلة

$$HB = \frac{2P}{\pi D[D-\sqrt{D^2-d^2}]}$$

P = الضغط بالـ كغم

D = قطر الكرة من الصلب ، ملم

d = قطر اثر الكرة ، ملم

الظروف القياسية الواجب اتباعها في اختبار الصلادة حسب نوع وسمك المعدن :ــ

الضغط P كغم

سمك العينة ملم	قطر الكرة ملم	للحديد بانواعه $\frac{P}{D^2}=30$	للنحاس والبرنز $\frac{P}{D^2}=10$	للمواد اللينة $\frac{P}{D^2}=5$
اكثر من ٦	١٠	٣٠٠٠	١٠٠٠	٢٥٠
من ٦ الى ٣	٥	٧٥٠	٢٥٠	٥ر٦٢
اقل من ٣	٥ر٢	٥ر١٨٧	٥ر٦٢	٦ر١٥

وتستعمل لحساب رقم الصلادة عمليا جداول فيها قيمة HB مقابل قطر اثر الكرة والعلاقة العملية التي تربط الصلادة ومتانة الشد وجدت كما يلي :ــ

للصلب Rolled = σ = ٣٦ر٠ HB

للصلب المسبوك = σ = (٣ر٠ ÷ ٤ر٠)HB

للزهر الرمادي = σ = ١ر٠ HB

ولاينصح باستعمال طريقة برنيل لاختبار الصلادة السطحية لبعض المصنوعات والصفائح الرقيقة• ورقم الصلادة بطريقة برنيل بالنسبة للحديد يتراوح بين (١٠٠) الى (٥٠٠) ولاينصح باستخدام هذه الطريقة بالنسبة للحديد السبائكي العالي الصلادة والذي يزيد رقم برنيل له عن (٣٦٠) لانه في هذه الحالة يتغير شكل الكرة بصورة كبيرة وتعطي نتائج مضللة •

اختبار الصلادة بجهاز روكويل

لاختبار صلادة المواد بطريقة روكويل ، تضغط على سطح الجزء المختبر كرة من الصلب قطرها ٥٩ر١ ملم او مخروط من الماس زاوية قمته ١٢٠° •

وتختبر المواد اللينة بالكرة المصنوعة من الصلب ، اما المواد الصلدة فتختبر بالمخروط الماسي • وبعكس طريقة برنيل تقاس الصلادة بطريقة روكويل لابمساحة الاثر ولكن بعمق تغلغل الضاغط (الكرة او المخروط الماسي) في سطح العينة ويجري الاختبار كما يلي :ــ

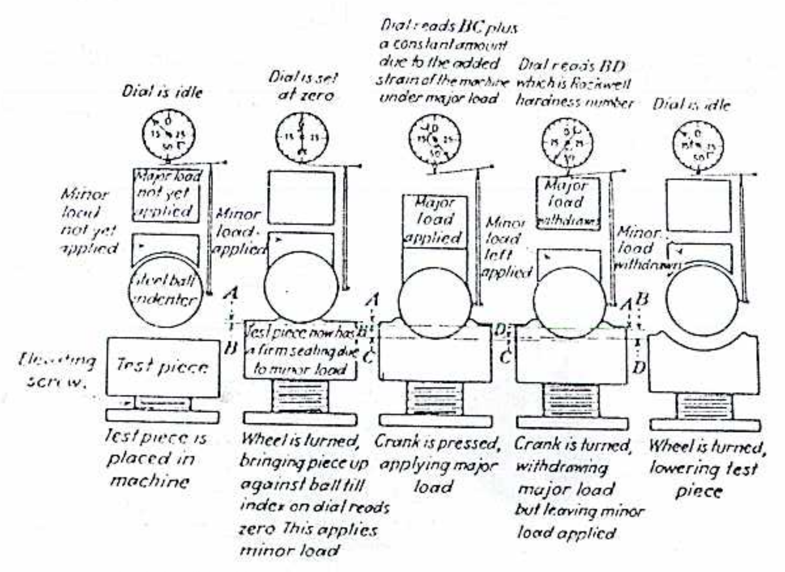
يعطى اولا ضغط ابتدائي قدره (١٠) كغم ،

وبعد ذلك يعطي الضغط الرئيسي وقدره (٩٠) كغم عند الاختبار بالكرة و (١٤٠) كغم عنـــد الاختبار بالمخروط الماسي دون رفع الضغط الابتدائي ٠

وبعد فترة قصيرة (٥) ثوان من ثبوت المؤشر برفع الضغط الرئيسي وتحدد صلادة المادة المختبرة على مقياس (كيج) الجهاز ورقم صـــلادة روكويل يتناسب مع الفرق بين عمق الاثرين الناتجين عـــن تأثير الضغط الرئيسي والضغط الابتدائي وهـــو مابينه مؤشر الجهاز ٠ وعلى وجه المقياس تدريجان : احدهما التدريج B باللون الاحمر ، ويبـــين الصلادة عند الاختبار بالكرة ، والثاني تدريج C باللون الاسود ، ويبين الصلادة عند الاختبـــار بالمخروط الماسي ويرمز للصلادة بالرمز R مـــع اضافة رمز التدريج الذي اجرى بالنسبة اليه RB عند الاختبار بالكرة الصلبة و RC عند الاختبـــار بالمخروط الماسي ٠

ولاختبار المواد العالية الصـــلادة يستعمل مخروط ماسي تحت ضغط قدره (٦٠) كغم وتؤخـــذ القراءة في هذه الحالة على التدريج الاسود ويرمز لرقم الصلادة بالرمز RA ٠

ومن مميزات طريقة روكويل الدقة الكبـــيرة والانتاجية العالية وصغر الاثر الذي يتركه الاختبار على العينة وبساطة الاختبار ٠ وهناك جـــداول ومنحنيات خاصة لتحويل صلادة روكويل الى رقـــم صلادة برنيل كما في الجدول المرفق ٠



شـــكل رقـــم ١٢٧ Procedure in using Rockwell hardness tester.

AB = عمق الأختراق نتيجة الحمل الأبتدائي

AC = عمق الاختراق نتيجة الحمل الابتدائي + الحمل الرئيسي

CD = ارتداد المعدن نتيجة بعض المرونة الباقية عند رفع الحمل الرئيسي وهذه الكمية لاتدخل ضمن اختبار الصلادة .

BD = فرق العمق - الانسياب اللدن - = رقم روكويل للصلادة .

ويحتوي الجهاز على عداد dial indicator لقياس عمق الاثر وهذا العداد مقسم الى (١٠٠) جزء وكل جزء يمثل (١) من قياس الصلادة وهذا يقابل عن (٠٠٠٢٥ر٠) ملم ويساوي واحد روكويل .

يستخدم في حالة استعمال المخروط الماسي

$$HRC = 150 - \frac{d}{0.002}$$

يستعمل في حالة استعمال الكرة

$$HRB = 100 - \frac{d}{0.002}$$

d = عمق الاثر الذي تتركه الكرة او المخروط الماسي

٣ - اختبار الصلادة . بجهاز فيكرز

تسمح هذه الطريقة لقياس صلادة الطبقات السطحية الرقيقة الناتجة عند الكربنه أو النتردة كما يمكن بواسطتها قياس صلادة المواد شديدة الصلادة، المصنوعات ذات المقطع الصغير . وتعين الصلادة بضغط هرم رباعي ماسي زاوية قمته (١٣٦°) في المادة المختبرة .

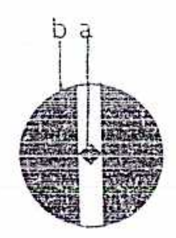
ويجري الضغط تحت تأثير حمل قدره ٥، ١٠، ٢٠، ٣٠، ٥٠، ١٠٠، أو ١٢٠ كغم . ثم تقدر مساحة الاثر الناتج بقياس قطره بواسطة ميكروسكوب مثبت على الجهاز . وزيادة في دقة القياس يعتم جزء مجال الرؤية الذي لايشغله الاثر باضلاع صغيرة ويحسب رقم صلادة فيكرز من المعادلة :-

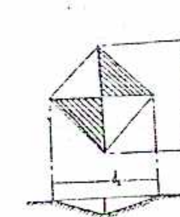
$$HV = \frac{P}{F} \ kg/mm^2$$

حيث :-

F = ساحة الاثر الهرمي (ملم٢)

P = الضغط (كغم)





شكل (١٢٨)

رسم تخطيطي عند اختبار فيكرز A الاثر B اضلاع الميكروسكوب

أن مقياس صلادة فيكرز يتصـــف بنفس الارقام التي يتصف بها مقياس صلاده برنيل •

تحديد الصلادة الميكروسكوبية :ـ

يستعمل لتحديد صلادة الطبقات الرقيقة جداً كالطلاء المعدني والاجزاء الصغـيرة للاجهـزة والعدادات وبعض مكونات بنية السبائك والشعيرات المعدنية وما اشبه • ويجري الاختبار بواسـطة ضغط هرم ماسي زاوية قمته (١٣٦°) في سطح المادة المختبـرة •

ويجري الضغط تحت تأثير حمل يتراوح قدره بين (١) الى (٢٠٠) غم • فبعد الضغط يقاس طـول قطـر الاثر الناتج d حسب الشكل رقم (١٢٩) بواسـطة الميكروسـكوب الـذي يكـون الجـزء الاساسي من الجهاز • ويستعمل لتحديد رقم الصلادة الميكروسكوبية المعادلة التالية :ـ

$$H = \frac{P}{D^2} \times 1.8544$$

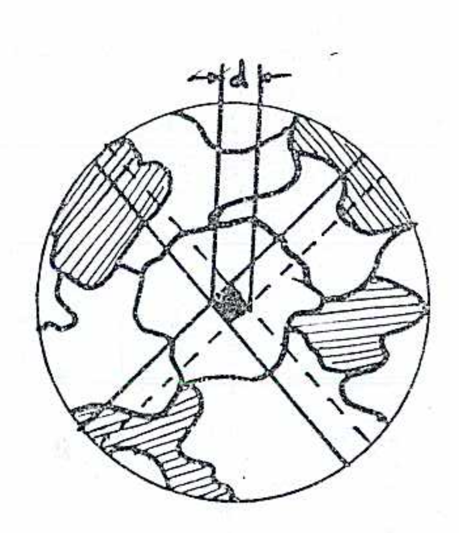
حيـث :ـ

H ـ رقم الصلادة الميكروسكوبية

P ـ الضغط بالغرام

D ـ طول قطر الهرم بالميكرون

1•8544ـ معامل حسابي ثابت



شكل رقم ـ١٢٩ـ

رسم تخطيطي لتحديد مقاس الاثر عند اختبار الصـلادة الميكروسكوبية •

جدول تحويل الصلاده

قوة الشد	روكويل		برينل	رقم الصلاده	قوة الشد	روكويل		برينل	رقم الصلاده
كجم/ملم²	C الحمل ١٥٠ كجم المخروط الماسي ١٢٠°	B الحمل ١٠٠ كجم قطر الكره $\frac{1}{16}$	الطبع بالليمش الحمل ٣٠٠٠ كجم قطر الكره ١٠ملم	فيكرز	كجم/ملم²	C الحمل ١٥٠ كجم المخروط الماسي ١٢٠°	B الحمل ١٠٠ كجم قطر الكره $\frac{1}{16}$	الطبع بالليمش الحمل ٣٠٠٠ كجم قطر الكره ١٠ملم	فيكرز
١١٢	٣٤٫٤	١٠٨٫٠	٣٢٩	٣٤٠	—	٦٨٫٠	—	—	٩٤٠
١٠٨	٣٣٫٣	—	٣١٣	٣٣٠	—	٦٧٫٥	—	—	٩٢٠
١٠٦	٣٢٫٢	١٠٧٫٠	٣٠٣	٣٢٠	—	٦٧٫٠	—	—	٩٠٠
١٠٣	٣١٫٠	—	٢٩٤	٣١٠	—	٦٦٫٤	—	—	٨٠٠
٩٩	٢٩٫٨	١٠٥٫٥	٢٨٤	٣٠٠	—	٦٥٫٩	—	—	٨٦٠
٩٧٫٨	٢٩٫٢	—	٢٨٠	٢٩٥	—	٦٥٫٣	—	—	٨٤٠
٩٥٫٥	٢٨٫٥	١٠٤٫٥	٢٧٥	٢٩٠	—	٦٤٫٧	—	—	٨٢٠
٩٤٫١	٢٧٫٨	—	٢٧٠	٢٨٥	—	٦٤٫٠	—	—	٨٠٠
٩٣٫٠	٢٧٫١	١٠٣٫٥	٢٦٥	٢٨٠	—	٦٣٫٣	—	—	٧٨٠
٩٠٫٦	٢٦٫٤	—	٢٦١	٢٧٥	—	٦٢٫٦	—	—	٧٦٠
٨٨٫١	٢٥٫٦	١٠٢٫٠	٢٥٦	٢٧٠	—	٦١٫٨	—	—	٧٤٠
٨٧٫٥	٢٤٫٨	—	٢٥٢	٢٦٥	—	٦١٫٠	—	—	٧٢٠
٨٥٫١	٢٤٫٠	١٠١٫٠	٢٤٧	٢٦٠	—	٦٠٫١	—	—	٧٠٠
٨٣٫٧	٢٣٫١	—	٢٤٣	٢٥٥	—	٥٩٫٧	—	—	٦٩٠
٨١٫٠	٢٢٫٢	٩٩٫٥	٢٣٨	٢٥٠	—	٥٩٫٢	—	—	٦٨٠
٨٠٫٦	٢١٫٣	—	٢٣٣	٢٤٥	٢٢٧	٥٨٫٨	—	—	٦٧٠
٧٨٫١	٢٠٫٣	٩٨٫١	٢٢٨	٢٤٠	٢٢٤	٥٨٫٣	—	—	٦٦٠
٧٦٫٥	١٩٫٢	٩٦٫٧	٢١٩	٢٣٠	٢٢٠	٥٧٫٨	—	—	٦٥٠
٧٣٫٠	١٨٫٧	٩٥٫٠	٢٠٩	٢٢٠	٢١٧	٥٧٫٣	—	—	٦٤٠
٦٨٫٥	١٦٫٤	٩٣٫٦	٢٠٠	٢١٠	٢١٣	٥٦٫٨	—	—	٦٣٠
٦٤٫٧	١١٫٠	٩١٫٥	١٩٠	٢٠٠	٢١٠	٥٦٫٣	—	—	٦٢٠
٦١٫٨	٨٫٥	٨٩٫٥	١٨١	١٩٠	٢٠٦	٥٥٫٧	—	—	٦١٠
٥٩٫٠	٦٫٠	٨٧٫١	١٧١	١٨٠	٢٠٣	٥٥٫٢	—	—	٦٠٠
٥٥٫٥	٣٫٠	٨٥٫٠	١٦٢	١٧٠	١٩٩	٥٤٫٧	—	—	٥٩٠
٥٢٫٧	٠٫٠	٨١٫٧	١٥٢	١٦٠	١٩٦	٥٤٫١	—	—	٥٨٠
٤٩٫٩	—	٧٨٫٧	١٤٣	١٥٠	١٩٣	٥٣٫٦	—	—	٥٧٠

جدول تحويل الصلادة

قوة الشد	روكويل C	روكويل B	برينل	رقم الصلادة	قوة الشد	روكويل C	روكويل B	برينل	رقم الصلادة
كغم/ملم²	الحمل ١٥٠ كغم الهرم الماسي ١٢٠°	الحمل ١٠٠ كغم قطر الكرة $\frac{1}{16}$	الكلس بالمليمتر الحمل ٣٠٠٠ كغم قطر الكرة ١٠ ملم	فيكرز	كغم/ملم²	الحمل ١٥٠ كغم الهرم الماسي ١٢٠°	الحمل ١٠٠ كغم قطر الكرة $\frac{1}{16}$	الكلس بالمليمتر الحمل ٣٠٠٠ كغم قطر الكرة ١٠ ملم	فيكرز
٤٦,٤	—	٧٥,٠٠	١٣٣	١٤٠	١٨٩	٥٣,٠٠	—	—	٥٦٠
٤٢,٦	—	٧١,٢	١٢٤	١٣٠	١٨٥	٥٢,٣	—	٥٠٥	٥٥٠
٤٠,١	—	٦٦,٧	١١٤	١٢٠	١٨٢	٥١,٧	—	٤٩٦	٥٤٠
—	—	٦٢,٢	١٠٥	١١٠	١٧٨	٥١,١	—	٤٨٨	٥٣٠
—	—	٥٦,٢	٩٥	١٠٥	١٧٥	٥٠,٥	—	٤٨٠	٥٢٠
—	—	٥٢,٠٠	٩٠	٩٥	١٧١	٤٩,٨	—	٤٧٢	٥١٠
—	—	٤٨,٠٠	٨٦	٩٠	١٦٨	٤٩,١	—	٤٦٥	٥٠٠
—	—	٤١,٠٠	٨١	٨٥	١٦٤	٤٨,٤	—	٤٥٦	٤٩٠
				—	١٦١	٤٧,٧	—	٤٤٨	٤٨٠
					١٥٧	٤٦,٩	—	٤٤١	٤٧٠
					١٥٤	٤٦,١	—	٤٣٣	٤٦٠
					١٥٠	٤٥,٣	—	٤٢٥	٤٥٠
					١٤٧	٤٤,٥	—	٤١٥	٤٤٠
					١٤٣	٤٣,٦	—	٤٠٥	٤٣٠
					١٤٠	٤٢,٧	—	٣٩٧	٤٢٠
					١٣٧	٤١,٨	—	٣٨٨	٤١٠
					١٣٣	٤٠,٨	—	٣٧٩	٤٠٠
					١٣٠	٣٩,٨	—	٣٦٩	٣٩٠
					١٢٧	٣٨,٨	١١٠,٠٠	٣٦٠	٣٨٠
					١٢٣	٣٧,٧	—	٣٥٠	٣٧٠
					١١٩	٣٦,٥	١٠٩,٠٠	٣٤١	٣٦٠
					١١٦	٣٥,٥	—	٣٣١	٣٥٠

تاسعا

الفحص غير المتلف ـــ حدوده وقدراته

اعـداد المهندس /

علي احمـد مصطفى حماد

تعتمد الفحوصات غير المتلفة علـــى اســس فيزيائية مختلفة • ولكون العيوب الحادثة في المعدن مجهريةفي اغلب الاحوال وتختلف في الشكلوالموقع، فان اختيار طريقة الفحص تعتبـــر ذات اهميـــة قصوى لاكتشاف العيب ، وكمثـــال على ذلـــك فان شق صغير في سطح المعدن يكون مملوء بمسواد غريبة لاتستطيع السوائل النافذة اكتشافه لعـدم وجود انفصال في سطح المعدن •

ولاي طريقة من طرق الفحص غير المتلف فان المطلوب ان يعطي العيب اقل قدر مـن الاضطراب على الخاصية الفيزيائية حتى يمكن اكتشافه وهذا يعتمد من ناحية على تقنية او اسلوب الفحص مثـل قدرة التكبير في منظومة بصرية او الحساسية والتردد لباحث ذبذبات فوق صوتية او كثافة اشـعة اكس وحبيبات الفلم الحساس • ومن ناحية اخرى فان ذلك يعتمد على قابلية قطعة الاختبار مثل نعومـــة السطح وحجم حبيبات المادة وغير ذلك •

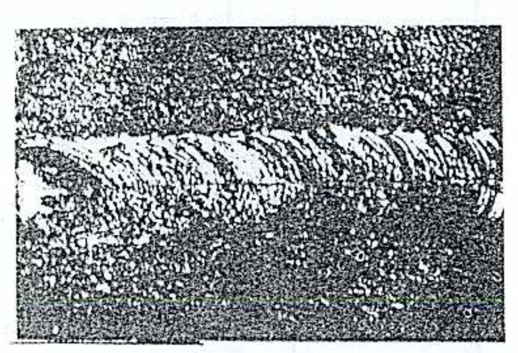
كما ان شكل الجسم تحت الاختبار او تصميمية ذات اهمية لاختيار نوع الفحص المطلوب لاعطـاء نتائج ذات قيمة والفاحص المتمرس يستطيع بالنظر الى شكل الجسم تحت الاختبار تكوين فكرة عـــن الاماكن التي قد تعطي نتائج خادعة اذا ما استعمل طريقة معينة في الفحص • وعليه فيجب استبعاد مثل ذلك الفحص في هذه الحالة ، ومن العوامل الشائعة التي تؤثر على نتائج الفحص او التي تخدع فاحص مبتدىء هي خشونة السطح ومدى تأثيره علـــــى اضطراب الخاصية الفيزيائية المستعملة • وقد يكون تركيب المادة الداخلي من الخشونة بحيث لاتصلح معه طريقة الفحص ، ولكون معظم طرق الاختبارات غير المتلفة تعتمد على الاتجاه فمن الضـــروري ان تكون المعدات المستعملة قادرة على فحص الاتجـــاه المتوقع فيه العيوب الخطيرة والتي يجب اظهارها •

وعلى قدر تحقيق الشروط السابق ذكرها في اختبار معين ، عند ذلك يمكن الاعتماد عليه ، ولكن تبقى هناك صعوبات اخرى وهي المقدرة على تحليل الشواهد واستنتاج الحقائق خاصـــة اذا كانـــت العيوب داخلية او مخبأة وتبقى بعد ذلـك حقيقـــة مؤكدة هي انه مهما كانت الطرق المستخدمة سـليمة وتحليل الشواهد والاستنتاج جيد ، فان تقديـــر السماح بوجود عيب معين هو حكم شخصي •

طرق الفحص لاكتشاف العيوب السطحية

ان استعمال العين المجردة وبمساعدة عدســة مكبرة بسيطة تتيح في اغلب الاحيان اكتشاف عيوب السطح ، ولكن لسوء الحظ فان التركيز على استعمال الاجهزة الحديثة سواء الالكترونية منها او غـــير ذلك جعلت الفاحص معصوب العينين لمثل هذه الطرق الطبيعية البسيطة او اصبحت مجهولة في حين انها

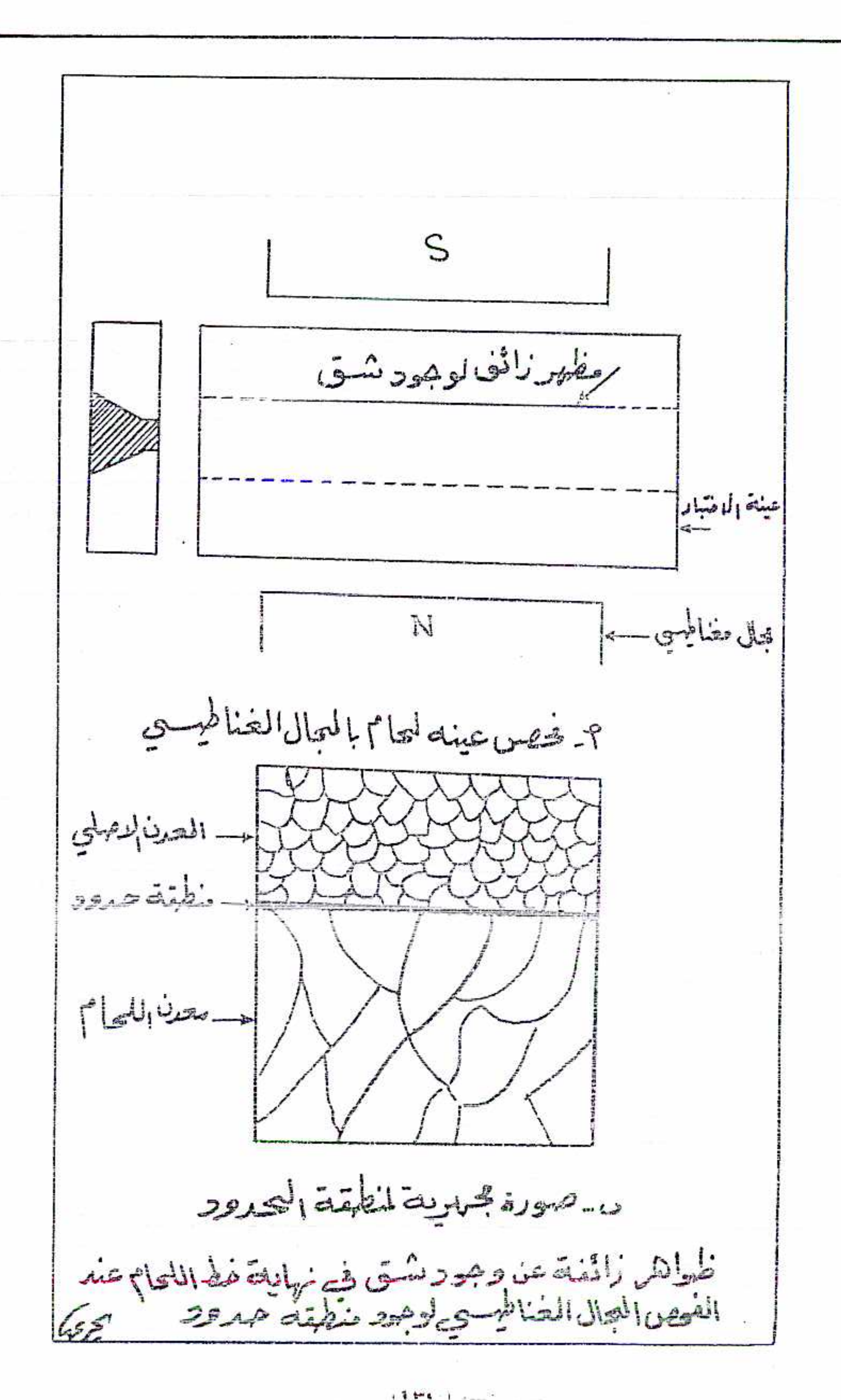
تكون في اغلب الاحيان احسن الطرق المتوفـــرة ، والشكل رقـــم (١٣٠) يوضح شق على طول خـــط اللحام واضح للعيان في وصلة غير مشغلة .



شكل رقم (١٣٠)

وباضاءة السطح بزاوية يمكن اكتشاف الشقوق الدقيقة والتي تكون سعتها اقل من قدرة التبـــين للعين اذا كان تركيب السطح ذو اتجاه معين ، وكمثال على ذلك ، فان شق جهدي دقيق يمكن اكتشافه بالعين المجردة اذا كان مسار الشق يقطع اخاديد التشـــغيل في قطعة مشغلة ، ومثل هذا الشق لايمكن اكتشافه باستعمال السوائل النافذة حتى اذا وضع السائــل النافذ لمدة اثني عشر ساعة ، ومع ذلك فان مثل هذا الشق يمكن اكتشافه في اللحظة باستعمال الجزيئات الممغنطـــة .

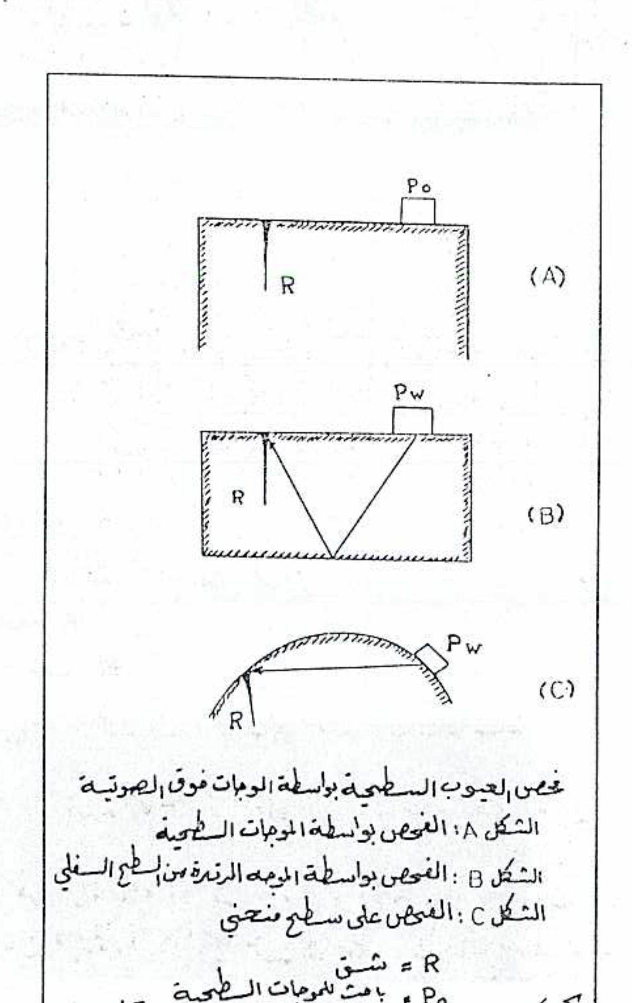
ومن المفضل دائما استعمال الفحص بالجزيئات الممغنطة اذا كانت المادة المراد فحصها قابلة للمغنطة، وهي اكثر حساسية من الفحص بالسوائل النافــذة ولاتستلزم ان يكون الشق مرتبط بالسطح الخارجي، حيث بالامكان اكتشاف الشقوق التي تبعـــد ٣ـــ ٤ ملم عن السطح بهذه الطريقة ، ومع ذلك فان مغنطة الجسم المراد فحصه يجب ان تتم بحيـــث تكـــون خطوط القوى المغناطيسية على السطح باتجـــــاه مستعرض لخطوط العيوب المتوقعة اذا كان ذلـــك في الامكان ، وليس ذلك بالشيء البالغ الصعوبة . ومع ذلك فالقطع المعقدة الشـــكل كالتي مقاطعها تنتهي بحافـــات حـــادة ، فـــان خطـــوط القـــــوى المنبثقة محليا تؤثر بصورة خطيرة على الشواهـــد المغناطيسية ولسوء الحظ لاتوجد لحد الان طريقـــة بسيطة لقياس شدة المجال المغناطيسي الحقيقـــــي لنقطة ما في قطعة الاختبار وغير متأثرة بالمجـــالات المغناطيسية الاخرى . وعند فحص خطوط اللحام بالجزئيات المغناطيسية هناك احتمالات قوية لظهور شواهد مغناطيسية زائفة على حدود خط اللحـــام ففي بعض انواع الحديد ـــ ويعتمد ذلك على التركيب الحبيبي الداخلي ـــ قد تنشأ منطقة حدود ضـــيقة تكون النفاذية المغناطيسية لهـــا قليلـــة لحـــد مـــا Smaller permeability والتي تظهر شواهد مغناطيسية زائفة وكمثال على ذلك يوضح الشـــكل التالي شكل رقم (١٣١) A كما لو كان هناك شق على طول نهاية اللحام في حين ان الشكل رقم (١٣١) B يوضح صورة مجهرية لمقطع العينة والتي لها منطقة حدود في نهاية معدن اللحام ومثل تلك العينة تختفي منها هذه الشواهد المغناطيسية بعد معاملتها حراريا .


S
مظهر زائف لوجود شق
عينة الاختبار
N
مجال مغناطيسي
٢- فحص عينه لحام بالمجال المغناطيسي
المعدن الاصلي
منطقة حدود
معدن اللحام
د- صورة مجهرية لمنطقة الحدود
ظواهر زائفة عن وجود شق في نهاية خط اللحام عند الفحص بالمجال المغناطيسي لوجود منطقة حدود

اما الفحص بالموجات فوق الصوتية فنتيجة قواعده الاساسية امكانية الفحص بواسطة الموجات السطحية كما بالشكل رقم (١٣٢) a وذلك يعتمد الى حد كبير على جودة السطح ونعومته ولذلك يفضل في كثير من الاحيان استعمال موجات الصوت المستعرضة والتي تنتقل بين السطح وحافة العيب خلال المعدن كما بالشكل b ، c من الشكل رقم (١٣٢) .

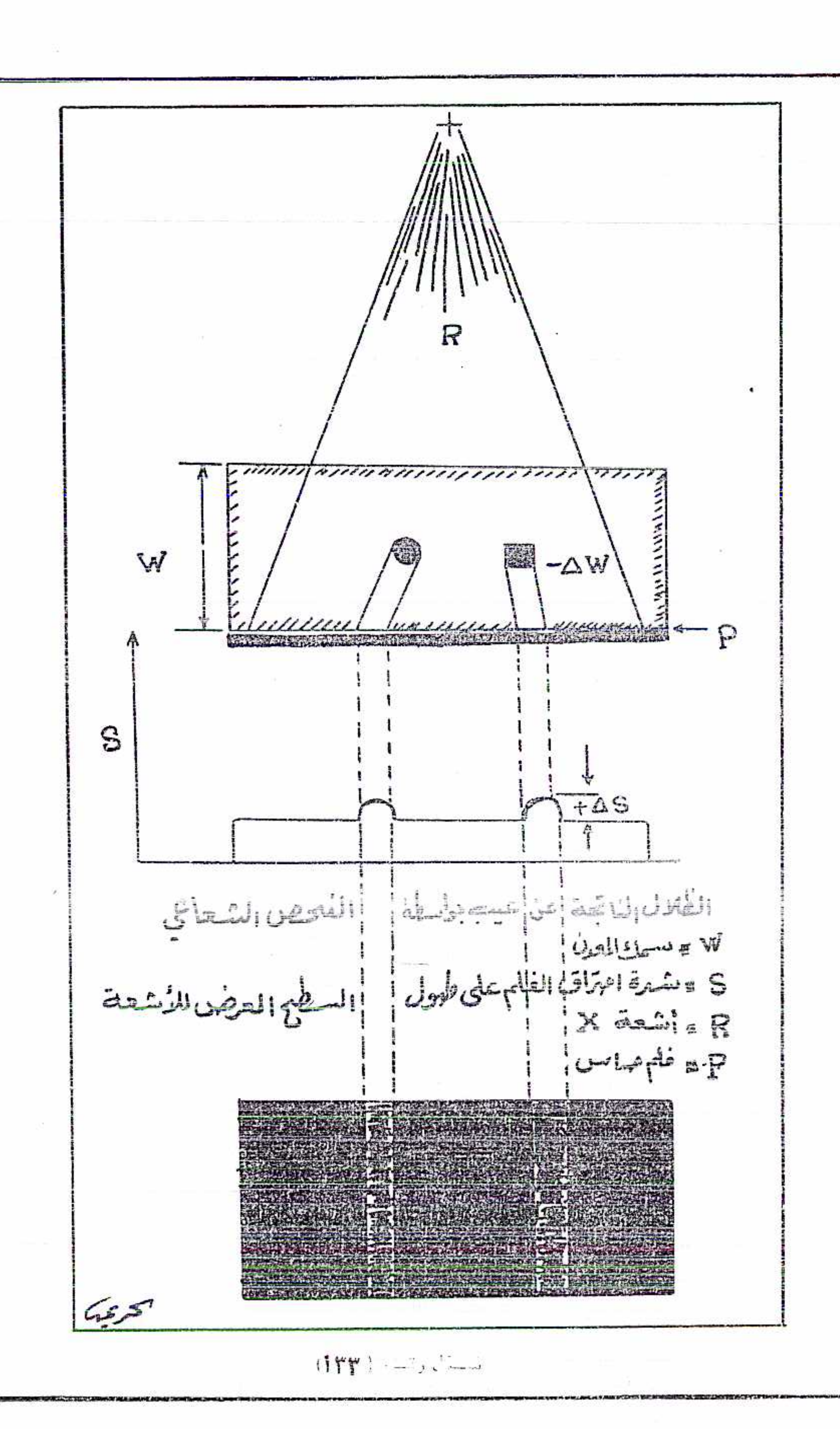
طرق الفحص لاكتشاف العيوب الداخلية

بواسطة الفحص الشعاعي يمكن الحصول على ظلال للعيوب الداخلية المتواجدة خلال مرور الاشعة وبحد ادنى يتراوح بين ٥ر٠ الى ٤٪ من سمك المعدن المعرض للاشعة وذلك يعتمد على سمك المعدن وكثافة اشعة اكس او كاما وعلى حساسية الفلم كما في شكل رقم (١٣٣)



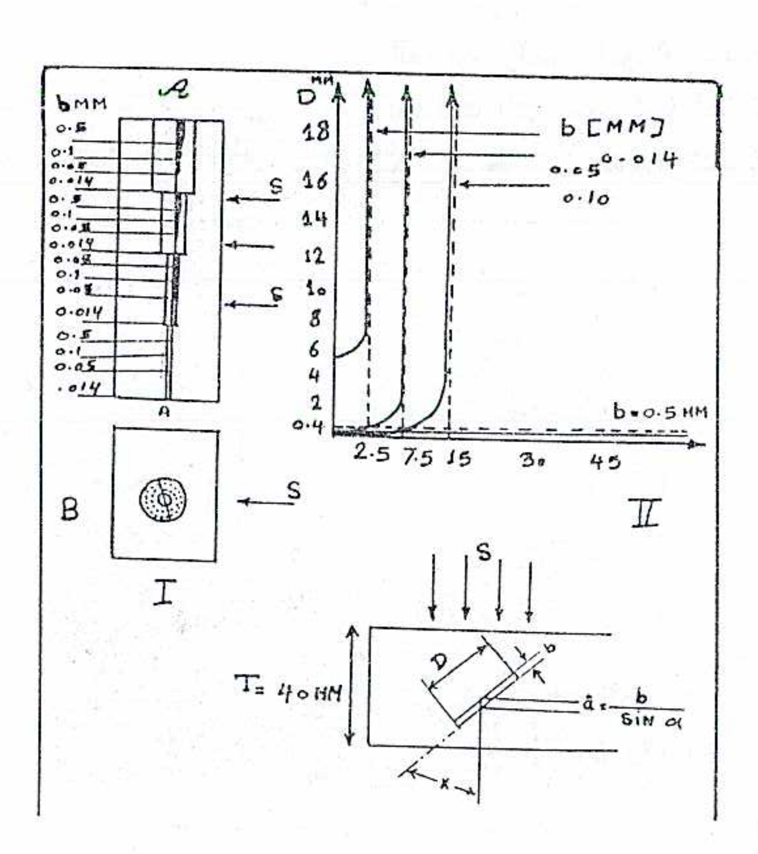
فحص العيوب السطحية بواسطة الموجات فوق الصوتية
الشكل A : الفحص بواسطة الموجات السطحية
الشكل B : الفحص بواسطة الموجه المرتدة من السطح السفلي
الشكل C : الفحص على سطح منحني
R = شق
Po = باحث للموجات السطحية
Pw = باحث زاوية ANGLE PROBE

شكل رقم (١٣٢)


R
W
-ΔW
P
S
+ΔS
الظلال الناتجة عن عيب بواسطة الفحص الشعاعي
W = سمك المعدن
S = شدة احتراق الفلم على طول السطح المعرض للأشعة
R = أشعة X
P = فلم حساس

شكل رقم (١٣٣)

وهذا الاسلوب يستخدم اذا كان مدى العيب (سعة العيب) في الاتجاه المستعرض للاشـــعة المسلطة ليس بالصغر المتناهي والا فان الظـــلال الناتجة لن تكون ظاهرة بالدرجة الكافية . وهـــذا يعنـــي ان الشـــقوق الدقيقة تكـــون صـــعبة او في الحقيقة غير ممكن اظهارها بواسطة الاشـــعة وحتى الشقوق الاكبر قليلا او المسطحة Flat flqws فأن زاوية ميلها على اتجاه الاشعة يؤثر بصـــورة كبيرة على الشواهد الناتجة ، ومقدرة التحقق مـــن العيب (يعرف بالحساسية sensitivity) يعتمد على السعة width والعمق depth وزاوية السقوط angle of incidence والتي يمكـــن تقديرها بقطعة الاختبار الموضحة بالشكل (شـــكل رقم ١٣٤ I) وفي الشكل (شكل رقم ١٣٤ II) يوضح قيم الحساسية المقاسة بهـــذه الطريقـــة ومقارنتها بالقيمة النظرية ، والاخيرة محســـوبة بفرض ان سعة العيب في اتجاه الاشعة $a = b/SIN\alpha$ لاتزيد عن ١٪ من سمك المعدن المعرض للاشـــعة وهو ٤٠ ملم وهذا الفرض يتحقق عندما $D \geq a \geq T/100$



شكل رقم (١٣٤)

الشكل يوضح امكانية التحقق من العيب والحساسية تكون دالة على العمق وسعة العيب وزاوية السقوط .

1 ـ قطعة اختبار ذات فتحات gaps بسعات مختلفة يمكن ادارتها حول محور A-A

B ـ مسقط افقي لقطعة الاختبار

II ـ حدود الحساسية للعيب (الفتحة) ... القيمة المحسوبة ،... القيمة المقاسة عمليا .

S ـ اتجاه الاشعة

D ـ عمق الفتحة

α ـ زاوية السقوط للاشعة

b ـ سعة الفتحة او العيب

a ـ مدى الفتحة في اتجاه الاشعة

T ـ سمك المعدن

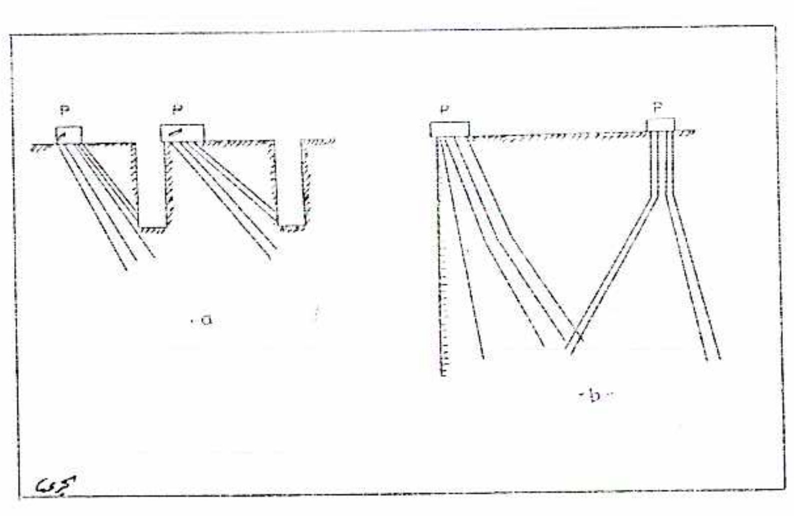
عند الحساب النظري لقدرة التحقق تعوض بالقيمة $a = T/100$ بدون النظر الى افتقار الوضوح وعندما تكون D بالكبر الكافي بحيث تكون $\sin\alpha \leq 100b/$

وعلى هذا الاساس نرى عمليا ان شق بسعة ١٤ر٠ ملم يعطي حساسية بمقدار حوالي ٢٠٪ مع زاوية سقوط (α = صفر درجة) ويصل الى درجة لايمكن اظهاره بزاوية حيود قدرها (٥ر٢°) ومع شق بسعة (٢ر٠) ملم نجد انه لايمكن التحقق منه او اظهاره عند زاوية (١٥°) .

مما سبق نستطيع القول بكل تأكيد ان امكانية اظهار شق او عيب في معدن اللحام بواسطة التصوير الشعاعي ليس بالشيء العسير ولكن ذلك لايعني ابدا ان امكانية هذا الفحص بدون حدود او ان الاعتماد عليه كافي بصورة مطلقة .

الفحص بواسطة الموجات الصوتية

الحالات التي يمكن فيها اكتشاف العيوب الداخلية بواسطة الموجات فوق الصوتية هي كما يلي:



شكل رقم (١٣٥)

ــ يجب ان تسمح المادة بمرور الموجـــات الصوتية خلالها •

ــ يجب ان يكون العيب قابل للكشف بالموجات الصوتية بمعنى ان لايقع العيب في منطقة الظـــلال على امتداد الاركان كما في a الشكل رقم (١٣٥)• أو لا تدركه الموجات نتيجة حيود الموجات الصوتية على حدود القطعة كما في الشكل b

ــ يجب ان يكون شكل وتركيب العيب بوضع معين يسمح على الاقل بجزء من الموجات ان ترتـــد منها كما هو موضح من الاشكال a.b.c. او ان الموجة المرتدة تضعف نتيجة وجود العيب كما فـــي الشكل d ، ولكن العيب المسطح اذا كان تركيبـــه في اتجاه الموجات لايعطي شواهد بوجود عيب كمـــا في الشـــكل e .

ــ هناك بعض العيوب القريبة من الســـــطح والتي تقع في المنطقة الميتة للباحث ولمعظم انـــواع الباحث تكون هذه المنطقة بعمق (١) ســـم ، وفي الامكان تقليل هذا العمق عن طريق الفصل الصوتي والكهربائي للبلورات الراسلة والمستقبلة للموجات ، والشـــكل رقـــم (١٣٧) ويوضـــح عيـــوب قريبة من السطح ، عبارة عن فقاعات هوائية في عينة

ZE الموجة الوسطية المرتدة عن العيب

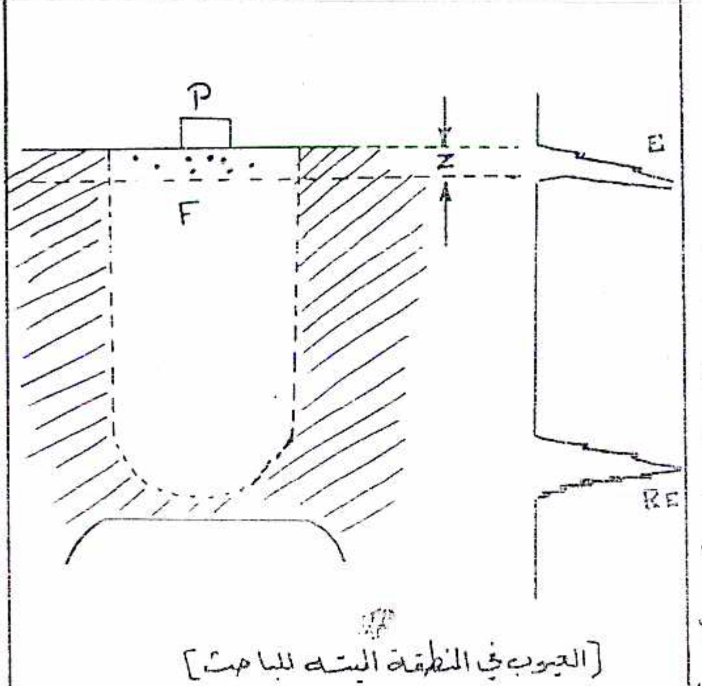
RE الموجة المرتدة من السطح السفلي للعينة

P مجس

شكل رقم (١٣٦) (انعكاس الموجات الصوتية من اسطح عيوب بأشكال مختلفة)

تام (السطح مصقول بحد التشغيل) ... الكشف عنها بواسطة الباحث الاعتيادي .

واخيرا فأنه لايمكن بالفحص بالموجات فوق الصوتية الاحساس بعمق العيب اذا كان مسطح الشكل بعكس الفحص الشعاعي ــ كما ان الاحساس باتجاه وتركيب العيب امر مشكوك فيه . ولنجاح الفحص بالموجات فوق الصوتية للحصول يجب ان تكون الموجات مرسلة عموديا بقدر الامكان على المناطق المراد فحصها والمتوقع بها العيوب ولكن لكون الشواهد التي نحصل عليها من وجود عيب على شاشة الجهاز تتأثر لحد كبير باتجاه وترتيب شكل العيب فأن استنتاج شكل وتركيب العيب يكون من الصعب التحقق منه مالم يكن الشكل الهندسي لقطعة الاختبار مناسب لارسال الموجات من عدة اتجاهات .



[العيوب في المنطقة الميتة للباحث]

P ـ مجس

Z ـ المنطقة الميتة

F ـ العيب

E ـ الموجة المرسلة

RE ـ الموجة المرتدة عن السطح السفلي

(١٣٧)

الفصل الثالث

فحص الأجهزة النفطيّة

اولا — طريقة فحص الاوعية التي تعمل بضغط

ثانيا — طريقة فحص المبادلات الحرارية

ثالثا — طريقة فحص المراجل

رابعا — طريقة فحص الافران والمداخن

خامسا — طريقة فحص الانابيب

سادسا — طريقة فحص صمامات الامان

سابعا — طريقة فحص الخزانات

ثامنا — طريقة فحص الرافعات

تاسعا — حبال الرفع الفولاذية

أولا ــ طريقة فحص الاوعية والابراج التــي تعمل بضغط

أعداد المهندس ــ حكمت جعفر الحسن

١ ــ مقدمة (معلومات عامــة)

تعرف الاوعية والابراج التي تشتغل بضــغط هي التي تصمم على ان تتحمل ضغطا مقــداره ١٥ رطل / انج مربع فما فوق وتسمى Pressure Vessels

أما الاوعية التي تشتغل بضغط أقل من ١٥ رطل / أنج٢ فتعرف بالاوعية ذات الضغوط الواطئة أو ذات الضــغط المعــادل للضــــغط الجـــوي Atmospheric Pressure

ويتم تصميم أشكال واحجام هذه الاوعية والابراج حسب متطلبات عملها في الوحدة التشغيلية ونـــوع المادة الداخلة الى هذه الاوعية وكميتها ، فهنـــاك الاسطوانية الشكل العمودية منها والأفقية وكذلك الدائرية الشكل او البيضوية والكروية .. الــخ .
ويتم ربط اجزاء الوعاء او البرج بعدة طرق منها القديمة والتي كان يستعمل فيها مسامير التثبيت Rivets

اما الطرق الحديثة المســتعملة فهي طريقــة اللحام وهناك عدة طرق لحام أيضا تستعمل وحسب تصميم الوعاء والظروف المطلوبة للتشغيل ومـــن أهم المواد المستعملة في صنع الاوعية هي صفائـــح الحديد المطاوع والقابل للحام وهناك بعض الاوعية والأبراج التي تستعمل تحت ظروف تشغيلية خاصة تستعمل مواد أخرى مثل النيكل ، الالمنيـــــوم ،أو احدى السبائك الفلزية ، وفي بعض الاحيان عندما يكون معدن الحديد المطاوع غير مقاوم لعوامـــــل التعريـــة والتآكل بالظـــروف التصـــميمية المطلوبة فانذاك يغلف الوعاء أو البرج كليا أو جزئيا مـــــن الداخل ببطانة من معدن أخر لمقاومة مثل هـــذه الظروف التشغيلية وطرق الاكساء هذه تقســــم الى = ــ

١ ــ طريقة الاكساء بالصفائح المعدنية ويتم هذا بطريقتين-الطريقة الاولى هي عملية التغليــف: تتم اثناء صنع الوعاء حيث يتم تثبيت الصــــفائح الرقيقة السمك والمقاومة للتاكل مع الصفائــــــح السميكة من الحديـــد المطاوع تحت ضغط ودرجـــة حرارة معينة بحيث تكون الصفيحة الناتجـــة ذات سمك واحد وتسمى هذه الطريقة بـــ cladding

أما الطريقة الثانية فهي تتم باســــــتعمال الصفائح المعدنية والمقاومة للتأكل بعد صنع الوعاء نفسه وذلك بتثبيته على جدران الوعاء من الداخـــل وعلى شكل قطع مستطيلة الشكل وتلحم مع بعضها وتسمى هذه الطريقة بــ Lining

ب ــ يتم في بعض الحالات عملية الاكســاء بمواد غير فلزية ولكنها مقاومة للحرارة أو التاكــل أو التعرية ومن هذه المواد السمنت المســـلح أو الطابوق الناري أو الطابوق المقاوم للحوامضـــــ وغيرها من المـــواد .

بالاضافة الى ماجاء اعلاه تحتوي الاوعية على بعض الاجزاء مثل وجود صواني Trays

قواطع ، انابيب داخلية وغير ذلك • اما استعمالات هذه الاوعية والابراج فلا يكاد يخلو اي معمـــل او مصنع مهما كان نوعه منها فقسم منها يستعمل في معامل تصفية النفط للتجزئة او التكريـــر او التسخين او الخزن •

٢ ــ أسباب عملية فحص الاوعية ومشاكـل التاكـل الرئيســية = ــ

من أهم أسباب عملية الفحص الهندســـي للاوعية والابراج هي لمعرفة الظروف الفيزياويـــة للاوعية وكذلك نوعية ومقدار التآكل أو التعريـــة نتيجة تلك الظروف لذا مع توفر كافة المعلـــومات المطلوبة أثناء عملية الفحص الهندسي فأن هـــذه العملية سوف تطيل مـــن اســتمرارية التشـــغيل للوعاء وسلامته وكذلك تقليل الجهـــد في عمليـــة الصيانة وكلفتها واخيرا يزيد من انتاجية هذه الاوعية وكفاءتهـــا •

ومن أهم المهام التي يضطلع بها مهندســـ الفحص الهندسي هي محاولة ايجاد التآكل في الاوعية والابراج وتحليل ودراسة مسبباته واخيرا محاولة أيقاف وازالة اثار هذا التآكل • ويحدث التاكل في الاوعية والابراج بعدة أنواع واشكال وتحـــت مختلف الظروف التشغيلية وكذلك باختلاف المـــواد النفطية التي تحتويها تلك الاوعية وانواع التآكـل هي كما يلي باختصار = ــ

(٢ــ١) التآكل الحاصل بسبب وجـــــود مركبات الكبريـــت

يحدث التآكل في الاوعية والابراج من جراء وجود مركبات الكبريت مثل كبريتيد الهايدروجين لان مثل هذه المركبات لها الاثر الفعال في تلـــك الاوعية مثل أوعية التجزئة Fractionators وغيرها والظروف المساعدة لهذا التآكل هي اما ان تكون درجة حرارة الوعاء تحت درجة التكثف للماء Dew Point أو أن الوعاء يشتغل بدرجة حرارية أكثر من (٥٠٠) درجة فهرنهايتيـــه والسبب الاخير هو السبب الاكثر شيوعا والاكثـــر تاثيرا في الاوعية لذا فان المعدن المقاوم لهذا التاكل هو الحديد المقاوم للصدا Stainless Steel

أما معدن الحديد المطاوع أو الحديد الحاوي على معدن الكروم بنسب ضئيلة فـــان مقاومتـــه ضعيفة واذلك تتكون على سطح هذا المعدن طبقة سميكة من كبريتيد الحديد • اما التآكل الذي يحدث بدرجة حرارية واطئة واقل من درجة التكثف للماء فأن المنطقة المعرضة لهذا التآكل هي المنطقة العليا للابراج أو جدران الوعاء الملامسة لجريان المـــاء الداخل الى الوعاء Inlet Nozzles حيث أن عملية تكثف الماء تحصل باستمرار وهـــذا مما يزيد من تكون الحوامض المساعدة على التآكل•

(٢ــ٢) التآكل الحاصل بسبب وجود مركبات الكلـــور

من أهم مركبات الكلور الفعالة في هذا النوع من التآكل هي كلوريد الهايدروجين (HCl) ويحدث التآكل في المناطق ذات الحرارة الواطئـــة ويظهر هذا التآكل على شكل تنقر شديد Pitting

(٢-٧) التآكل الكرافيتي Graphitic Corrosion

يحدث عادة مثل هذا النوع من التآكل في حديد الصب Cast Iron وعندما يتعرض هذا المعدن الى درجة حرارية واطئة او اوطيء من درجة التكثف للماء كما يحدث عادة في الاوعية والابراج التي تستلم المواد الباردة ومن جملة هذه المواد مواد النفط الخفيفة والناتجة من عملية التصفية الرئيسية أو النفط الخام الحاوي على نسب عالية من الكلور • ويمكن تمييز هذا النوع من التاكل حيث يجعل المعدن هشا وناعما وذو مسامات •

(٢-٨) التآكل الجوي

Atmospheric Cororsion

يحدث هذا النوع من التآكل لكل الاجزاء الخارجية للاوعية والابراج ذات الضغط ويعتمد أعتمادا كليا على الظروف الجوية المحلية لكل منطقة ومن الامور المساعدة لهذا النوع من التآكل هو تلوث الجو بالابخرة الكيمياوية أو وجود فجوات أو ثغرات أو أمكنة من الممكن أن ينحصر فيها الماء لمدة طويلة حيث تكون هذه المنطقة هي بداية التآكل وهناك حالة شائعة جدا وهو أن بعض العوازل Insulating Materials التي تغلف بها الابراج أو الاوعية حفظا لحرارتها تكون غير مقاومة لنفوذ الماء فيها Water proof وانذاك ينفذ ماء المطر أو غيره ويلامس جدران الوعاء لمدة طويلة مما يساعد على التآكل وتحدث هذه الظاهرة في الاوعية والابراج التي تشتغل تحت ظروف تشغيلية باردة Cold Service •

٣ - التآكل بواسطة التعرية Erosion

تحدث التعرية Erosion عند وجود اجسام صلبة في السوائل الجارية ويجوز أن يحدث ذلك أيضا في منطقة تداخل الابخرة في السوائل أو المناطق التي تتعرض الى جريان السوائل Inlet nozzle أو مناطق تغير سرعة الجريان ومن الامثلة الواضحة لذلك هي المناطق المواجهة لدخول السوائل الى الابراج أو حول الحواجز الداخلية أو من جراء وجود الجريان حول الصواني وتصبح درجة التآكل شديدة عندما يتوافق وجود تاكل بواسطة التعرية مع تاكل بوجود بعض المواد الكيمياوية وأنذاك يصبح مقدار التآكل كبير ومن الامثلة الواضحة على ذلك هي المناطق المتعرضة للسوائل الداخلة الى أبراج التصفية لذا تغلف هذه المناطق بمعدن مقاوم للتعرية والتاكل في آن واحد •

٤ - التغير الفيزياوي والتركيبي للمعدن •

Metallurgical and phsical changes

(٤-١) معلومات عامة

أن الظروف التشغيلية كالضغط والحرارة المسلطة على الاوعية والابراج لها تأثير كبير على الخواص الميكانيكية أو الفيزياوية أو التركيبية ومن جراء ذلك يحدث التآكل أو الفطور Cracks

وغيرها فمثلا أذا تعرض الوعاء الى أرتفاع في درجة الحرارة أو تبريد بصورة غير طبيعية فأن هذا يؤثر على التركيب الجزئي للمعدن وكذلك على الصفات الكيمياويـة لـه •

(٤ـ٢) الترسيب الكرافيتي أو الكاربوني

يحدث مثل هـذا التغـير في معـدن الحديـد المطاوع وكذلك في سبائك الحديد مع عنصر المولبدنم Molybdenum في حالة تعرضه الى درجة حرارة عالية تتراوح بين ٨٢٥ـ١٤٠٠ درجة فهرنهايـت ولمدة طويلة جدا ومن الامثلة على ذلك مايحدث في مفاعلات التجزئـة •

(٤ـ٣) تأثير الهايدروجين تحت ظـروف حراريـة عاليـة

High Temperature Hydrogen attack

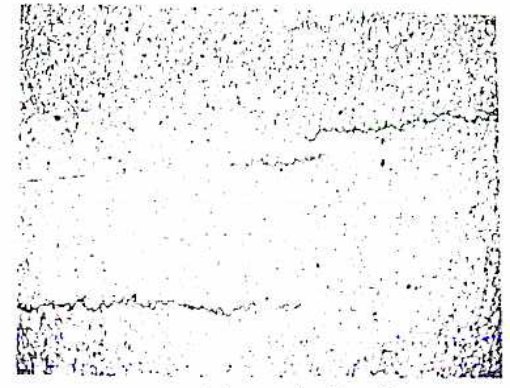
أن تأثير الهايدروجين أو نفوذه في المعـادن يختلف باختلاف درجة الحرارة ففي درجة الحرارة المعتدلة فأنه ينفذ الى المعدن ويكون الانتفـاخ blisters وكما تم شرحه في فقرة سابقة أما في درجة حرارة عالية فلايمكن رؤية تأثيره علـى المعادن بالعين المجردة ولدراسة هذا النوع مـن النفوذ يتم فحص بعض نماذج المعدن بموجهـا وفحص التركيب الداخلي أو الجزئي بواسطة جهاز المايكرسكوب • أما في درجة حرارة أعلى من (٤٥٠) درجة فهرنهايت فان الحديد المطاوع يصبح هشـا وضعيفا نتيجة نفوذ ذرات الهايدروجين الى داخـل المعدن وتفاعلها مع الكاربون الموجود في المعـدن ويحدث ذلك في وحدات التكرير أو وحدات تكويـن الهايدروجين أو الوحدات التـي تستعمـل الهايدروجين لمعاملة المنتجات الاخرى كالدهـون والشمع • أن أقل درجة حرارية ممكن للهايدروجين أن ينفذ أثناء أشتغال الوعاء أو البرج تعتمد علـى عدة عوامل مهمة منها الضغط الجزئي للهايدروجين partial pressure وانواع السبائك المشتركة مع المعدن ودرجة الشوائب ومواصفات سطح المعدن والجهد المسلط عليه وغيرها من العوامل الاخرى واعتياديا عند أختيار الحديد المطاوع أو سبائك الحديد يكون ذلك بعد معرفة درجة حرارة نفوذ الهايدروجين عند توفر المعلومات الكاملة لعوامل نفوذه كما ذكـرت أعلاه •هناك فترة زمنية بين وقت نفوذ الهايدروجين وبين بداية تأثيره على الخواص الميكانيكية للمعدن وتتراوح هذه المدة بين بضعة ساعات الى عدة أيام أو سنين وتعتمد على شدة وقساوة الظـروف التشغيلية وفي هذه الفترة المحصورة يتم تحويـل ذرات الهايدروجين الى جزيئات الهايدروجين فـي فجوات المعدن Voids وبعدها تتحد جزيئات الهايدروجين مع الكاربون الموجود في المعـدن ويتحول الى غاز جديد هو الميثان •

وبعد ذلك تستمر عملية التفاعل بسرعة كبيرة وتكبر الفجوة فيصبح أنتفاخ أنذاك تبدأ الخواص الميكانيكية بالتغير فتقل قوة المعدن وكذلك قابليته على المرونة وتحدث فطور في المعدن عند حدوث الانتفاخ هنا يحدث نتيجة غاز الميثان وليس نتيجة غـاز

الهايدروجين كما يحدث عادة في درجات الحـــرارة الواطئـــة نســـبيا .

(٤ـ٤) الترسب الكاربيدي والتاكل علـــى حدود مجاميع البلورات Carbide precipitation and Intergranulor / corrosion

تحدث هذه الظاهرة عند أحماء الحديـــــد الاوستيني وغير المستقر Unstabilized Austenitic بين درجة حرارة (٧٥٠ــ١٥٠٠) درجة فهرنهايـــت أو يتم تبريد هـــذا النوع من الحديد بـــين حـــدود الدرجة اعلاه فيتم تكوين الكاربيد وهو عبارة عـــن أتحاد عنصر الكروم مع الكاربون وترسبه علـــى الحدود الخارجية لجاميع البلورات Grain Boundaries ومع ذلك فأن الترسيب الكاربيدي Carbide Precipitation غير مضر لوحده ولكن في هذه الحالة يصبح للحديد القابليـــة علـــى تقبـــل التاكـــل علـــى حـــدود المجاميع بواسطة السوائل خفيفة التركيز والمسببة للتاكل ، ففي الاوعية التي تشتغل تحت درجة حرارية اقل من ٧٥٠ درجة فهرنهايت فان هذا النوع مـــن التآكل محتمل حدوثه في المنطقة القريبة من منطقـــة اللحام والتي تسمى heat affected Zone وكذلك هناك أحتمال وجود مثل هذا التاكل بسبب وجود بخار الماء أو الرطوبة العالية في الاوعيـــة ويحدث ذلك عند فحص الاوعية أو الابراج بواسطة الضغط المائي أو اثناء غسل الأوعية وكمثال علـــى هذا التاكل شكل رقم ١٤٠


Intergranular Corrosion

شـــكل رقـــم ١٤٠

٥ ــ تأثير القوى الميكانيكية على المعادن

(٥ـ١) معلومات عامـــة = =

هناك بعض القوى الميكانيكية من المحتمل أن تؤثر على الاوعية والتي تسبب عطل الاوعية أو على الاقل تقليل كفاءتها أثناء أشتغالها مقارنة مـــع أشتغالها بدون تأثير تلك القوى ومن الامثلة علـــى ذلك الصدمة الحرارية Thermal Shock أي ارتفاع درجة الحرارة بصورة فجائية وبسرعة أو تغير درجة الحرارة بين الزيادة والنقصان بشـــكل دوري ومنتظم وتسمى Cyclic Temp. changes أو الاهتزاز Vibration أو كضغط مسلط أعلى من المسموح به او جهـــود خارجيـــة مســـلطة External Load ومـــن جـــراء تلـــك القوى الميكانيكية قد يحدث فطر Crack في المعدن أو أنتفاخ أو أي شيء أخر يؤثر علـــى عمل الوعاء أو على الوعاء نفسه .

(٥ـ٢) الصدمة الحرارية Thermal Shock

من الممكن أن تحدث هذه الظاهرة على الاوعية عندما يتعرض الوعاء الى زيادة مفاجئة في درجة الحرارة أو أنخفاظ مفاجيء في درجة الحرارة وتبعا لذلك يتكون جهد Stress في جدران الوعاء نتيجة تقلص أو تمدد الجدران بصورة غير طبيعية وهذا يساعد على حدوث الفطور أو غيرها أو احتمال حدوث عطل وخاصة في الاوعية ذات الجدران السميكة • والاوعية التي تشتغل في ظروف حرارية غير طبيعية (باردة أو حارة جدا) تكون معرضة لمثل هذه الظواهر اكثر من غيرها وخاصة عند بداية تشغيل تلك الاوعية أو عند أيقافها عن العمل لذا يجب أن تحمى تدريجيا في الحالة الاولى أو تبرد تدريجيا في الحالة الثانية • والشكل رقم (١٤١) يمثل أحد نتائج هذه الظاهرة •

Damage Caused by Thermal Shock

شكل رقم ١٤١

(٥ـ٣) التغير الدوري المنتظم لدرجات الحرارة Cyclic Temp. changes

تحدث هذه الظاهرة في الاوعية التي تشتغل تحت ظروف حرارية مختلفة وبصورة منتظمة بين درجة الحرارة الباردة والحارة وبالعكس ونتيجة هذه الظاهرة يحدث في الاوعية والابراج ظاهرة الكلال الحراري Thermal fatigue وبعد ان يحدث الكلال تحدث فطور في سطح المعدن وتنتشر ببطء في باديء الامر ولكن انتشارها يصبح أسرع عندما تتغير درجة الحرارة الى ان يحدث العطل او الدمار للوعاء•وكذلك تحدث ظاهرة الكلال الحراري في المناطق التي تتصل فيها بعض المعادن مع بعضها بواسطة اللحام ولكون هذه المعادن المتصلة ليس لها نفس معامل التمدد •

(٥ـ٤) الاهتزاز او التذبذب Vibration

تحدث ظاهرة التذبذب او الاهتزاز في الانابيب وتنتقل الى الابراج والاوعية فتؤثر مباشرة على Nozzles وكذلك على جدران الوعاء بسبب قوى خارجية غير محدودة وتحدث كذلك في الوحدات التشغيلية التي تحتوي على ضاغطات Compressors او مضخات كابسة Reciprocating pumps وتسبب حدوث الفطور او الكلل في مناطق الاتصال بين الانابيب الخارجية و Nozzles التابعة للوعاء او هناك احتمال حدوث فطور في جدران الوعاء نفسه وتحدث هذه الظاهرة في وحدات الهدرجة او وحدات التجزئة او التصفية •

(٥ــ٥) اضطراب مفاجيء للضغط وازديــاد درجــة الحــرارة Pressure Surge and Excessive Temperature

يزداد الضــغط احيانــا في الوعــاء لاسباب عــدة منهــا فشــل صمام الامان في خفض الضغط مما يساعد على زيادة الضــغط اكثر من المسموح به في الوعــاء فيسبب انتفاخ في جدران الوعـــاء Bulging وكذلك تحدث هذه الظاهرة عندمــا يشتغل الوعاء في درجة حرارية اعلى من المســموح بها وتحت ضغط كبير جدا فيسبب الانتفــاخ في جدران الوعاء وخاصة عندما يكون معدن الوعـــاء من النوع الذي تقل متانته او قوته بازدياد درجــة الحرارة ويحدث هذا ايضا في الاوعيــة التي تغلف من الداخل بعوازل ضد الحرارة العالية وفي حالــة وجود اي تشقق او تلف في تلك العوازل فان ذلــك يساعد في ارتفاع درجة حرارة الجدار في منطقــة معينة Hot spot وهذا بالطبع مع الوقــت يعمل على انتفاخ الجدران في تلك المناطق او تلفها •

٦ ــ الاختيار الرديء لمعدن الوعــاء او في طريقــة صــنعه

Faulty Material and Fabrication

من المحتمل حدوث مشاكل في الاوعيــة ذات الضغوط فــي حالــة الاختيــار الرديء للمعدن او في طريقة صنع الوعاء وتسبب بذلك شقوقا او نضوح او تآكل شديد • يحدث احيانا اثناء صنع صــفائح الحديد ان تتكون طبقات داخلية في داخل المعدن من الاوساخ او الشوائب او عدم تجانس المعدن نفسه فيسبب شــقوق عريضة داخلية أي متوازية مــع سطح الصفائح نفســها Laminations وهذه الشقوق تبدأ بالانتفاخ بعد اشتغال المعدن ممـــا تسبب في ظهور فطور كبيرة وتؤدي بالنتيجة الــى دمار الوعاء فالشوائب الموجودة في طبقات المعــدن تحدث بكثرة عند صنع حديد الصب Castings وبعد الاشتغال وعندما يبدأ التآكل بالتكوين تكــون هذه الشوائب مساعدة ومعجلة على عملية التآكــل في تسريع تشقق الجدران او نضوحها وتدمير الوعاء وهناك احتمال اختيار المعدن غير المناسب لظروف معينة مما يساعد على التآكل بصورة سريعة جــدا وغير متوقعــة •

اما النقطة المهمة الثانية فهي رداءة طريقــة صنع الوعاء ومن اهم اسبابه اللحام غير الجيــد ويحدث عندمــا تكــون طريقــة لحــام صفائح الوعــاء غير جيدة او عدم وجــود اهتمــام كامل بطريقة اللحام او باللحــام نفســه مما يســبب اضعاف قوة اللحام وبالتالي يؤدي الى حدوث فطور في اللحام وذلك بسبب وجود الشوائب او عدم نفوذ اللحام بصورة صحيحة وغيرها من الاسباب التــي تؤدي الى فشل اللحام اما السبب الاخر المهــم فهــو التعامــل الحــراري غــير الصــحيح Improper heat treatment فيسبب هذا في بقاء كمية كبيرة من الجهد الكامن Residual Stress في المناطق المجاورة لمناطق اللحام وهذا بدوره يؤثر

علـــى الخـــواص الفيزياوية للمعـــدن وبالتالي على مقاومته للتآكل او يسبب في حدوث تشقق او قطور حول Nozzles او غيرها ويحدث ايضا في حالة وجود مواد مساعدة للتآكل وبمساعدة الجهد الكامن فان ذلك يؤدي الى حدوث التآكل الجهدي Stress Corrosion كما تم شرحه سابقا او جعل المعدن هشا وقابل الكسر تحت ظروف غير طبيعية •

٧ ـ العوامل المؤثرة على الفحص الهندسي :ـ

هناك عدة عوامل مؤثرة على الفحص الهندسي وبالتالي تحدد الفحص ونوعيته ومن اهمهـــا دراسة تنظيم وقت الفحص الهندســـي الدوري ومعرفة نوعية التاكل الحاصل او المشاكل الحاصلة للاجهزة وكذلك مقدار السمك المسموح به للتاكـل Corrosion allowances

ومعـــدل التآكـــل Corrosion Rate وطبعا هذا المقدار يعتمد ويتغير مع نوعية النفـط الخام المستعمل وكذلك مع الدرجة الحرارية التـي يتعامل فيها ذلك النوع •

يتم تنظيم وقت الفحص الهندسي بعد معرفة ظروف الاجهزة من خلال التقارير المستمرة لوضعية الاوعية تحت الاشتغال وبعد اجراء الفحص الهندسي عليهـــا لعـــدة مـــرات امـــا اثنـــاء الاشـــتغال On Stream Inspection او بعـــد توقـــف الاجهزة عن الاشتغال وبعد دراسة تلك التقاريـــر وبالاضافة الى المعلومات الاخرى يتم تحديـــد وقت الفحص الهندسي الدوري للاجهزة وعلى شرط ان يكون الوعاء دوما في حالة يسمح بها بالاشـــتغال مـــرة اخرى ••

٨ ـ طرق الفحص الهندسي Methods of Inspection

(٨ـ١) معلومات عامة

قبل بدء الفاحص الهندسي بعملية الفحص على الوعاء او البرج عليه ان يطلع على بعض الامـــور المتعلقة بذلك الوعاء مثل الضغط التشغيلي او درجة الحرارة التشغيلية للوعاء طيلة مـــدة الاشتغال وتاثيرها على الوعاء وكذلك نوع المادة الداخلـــة او المستعملة او التي يحتويها ذلك الوعـــاء اثنـــاء الاشتغال . كل تلك الامور تعطي صورة واضـــحة للفاحص الهندسي بالتعاون مع المشغل المســـؤول عن الوعاء للتركيز على بعض النقاط التي تكـــون معرضـــة للتلـــف او التاكـــل أو أي عامـــــل اخر مدمر للوعاء • هناك اجهزة فحص عديـــدة ومتنوعة تساعد الفاحص على اكمال العمل بصـــورة صحيحة ودقيقة • يكون الفحص الهندسي للوعـــاء او البرج خارجيا او داخليا وهناك عدة نقاط يجب ان تلاحظ اثناء الفحص ومن المحتمل ان يطلب الفاحص رفع بعض العوازل او العوارض لاجراء عمليـــة

الفحص فيما اذا كانت هناك بعض الشكوك في حدوث بعض المشاكل او التآكل خلف تلك العوازل وبالطبع فان تلك العوازل الخارجية او الداخلية تكون ضمن الفحص العام لانها مؤثرة بطريقة او اخرى علـى حالة الجدران للوعاء من جراء الظروف التشـغيلية او الظروف الجوية لذا يجب ان يكون الوعــاء او البرج خاليا من الاوساخ او الترسبات • وكذلـك ترفـع عنـه الاجـزاء الداخليـة او بعض الاجزاء الخارجية لكي يجعل الفاحص قريب جدا ودقيق في عمله • من الامور المهمة التي يجـب على الفاحص الهندسي اتباعها هي اجراءات السلامة اللازمة لدخول الوعاء فمثلا يجب ان يعزل الوعــاء عزلا تاما عن جميع مصـادر الغـاز او البخـار او اي مصـدر اخـر ويجـب ان يكون الوعاء مفتوح كليا لكي تتم عملية التهويـة الكاملة ومن المفضل ان يكون هناك احد الاشخاص المساعدين للفاحص الهندسي لكي يكون على اهبـة الاستعداد لمساعدة الفاحص الهندسي اثناء عمليـة الفحص او عند اي خطر من المحتمل ان يواجـه الفاحص •

(٨ـ٢) الفحص الخارجي للاوعية والابراج
External Inspection

هناك عدة نقاط او اماكن متواجدة على الاوعية او الابراج يجب ان تفحص بعناية ودقة لما لها من تأثير كبير على الوعاء نفسه وكذلك من الممكـن فحصـها والوعاء في حالة اشتغال لذا فان فحص هذه النقاط سوف يقلل من الوقت اللازم لفحص الوعاء بكامله اثناء توقفه عن الاشتغال •

من اهم تلك النقاط :ـ

(٨ـ٢ـ١) ـ الممرات ، الدرج ، المسالك :ـ

من الممكن فحص الممرات والدرج والمسـالك للوعاء اثناء اشتغاله ويجب البدء بالفحص من اسفل الوعاء الـى الاعلـى • النقـاط المهمـة التـي يجب ان تلاحظ هي جميع الاجزاء المتآكلة او المكسورة او المفطورة وكذلك براغـي الربـط Boits والسوفان wear في الممرات او الـدرج او السوفان في مقابض اليد ومحاولة صبغ هذه النقاط بنوع خاص من الاصباغ المقاومة للتاكل او التأثير الجوي • والتاكل عادة يحدث في مناطق تجمع المياه او الرطوبة لذا يجب ان تلاحظ هذه المناطق وان يحاول رفـع الصدأ المتكون والموجود للكشف عن تلك المناطق •

(٨ـ٢ـ٢) قواعد تثبيت الوعاء ومسانده :ـ

تصمم القواعد المثبتة للاوعية والابراج فـي عدة اشكال وحسب احجام الاوعية او وضـعيتها وتصنع عادة من مادة السمنت المسلح بقضبان او غيرها من المواد ومن اهم النقاط الواجب ملاحظتها هي الفطور او درجة الاستقرار للسمنت المسلـح او التقشر او الانفصال وغيرها من العوامـل المؤثرة الاخـرى •

ويحدث التقشر او الانفصال Spalling نتيجة تعرض القواعد الى درجة حرارية عالية اكثر من المقرر او اي اضطراب مفاجيء او صدمة مفاجئة او في بعض الاحيان يحدث تآكل في قضبان الحديد المسلحة او المقوية للسمنت والقريبة من السطح وملاحظة هذه العوامل تكون ظاهرية وواضحة للعين المجردة اما الفطور فتحدث عادة نتيجة الحرارة العالية او التصميم الرديء او عدم الاستقرار الثابت للقواعد المسلحة وممكن ملاحظة الفطور ايضا بوضوح • اما النقطة الاخيرة والمهمة وهي درجة استقرار القواعد فهناك سماح خاص لاستقرار السمنت المسلح بعد بنائه ووضع الاوعية والابراج عليه وهذا شيء متوقع ولكن في بعض الاحيان يحدث أن يهبط السمنت ويمكن ملاحظة ذلك بمقارنة تلك القواعد مع القواعد الاخرى والمجاورة لها أو مع أي مقياس أخر •

ويحدث عادة في القواعد الطويلة نسبيا او العريضة او اذا كان الوعاء يستند على قواعد منفصلة عن بعضها •

(٨ــ٢ــ٣) الحبال الحديدية المثبتة للاوعية او الابــراج Guy Wires

في معظم الحالات تكون الاوعية والابـــراج مصممة على ان تتحمل كافة المؤثرات الخارجية عليها بدون أستعمال أي مساند مثبتة أو حبال حديدية مساعدة وفي بعض الحالات ترتبط تلك الابراج بحبال حديدية من عدة جوانب على ان يثبت الطرف الاخر من الحبال الحديدية في الارض بحيث تكون تلك الحبال مشدودة ومثبتة في كل الاحوال ، لذا فان نقاط ربط تلك الحبال الحديدية على الاوعية أو الابراج أو مع الارض يجب أن تفحص وكذلك متانة الحبال وقوة الشد وايضا الحبال نفسها يجب أن تفحص من خطر وجود تاكل خارجي أو كسر في أي جزء منها •

(٨ــ٢ــ٤) الربط الكهربائي الأرضي Grounding Connection

عند نصب اي وعاء او برج يربط الجزء الاسفل منه او جدار الوعاء القريب من القاعدة بسلك نحاسي وهذا السلك يربط ايضا بقطعة نحاسية او حديدية مدفوعة في الارض على عمق ويتم ربط السلك بالوعاء بواسطة براغي الربط Bolts ويلحم الطرف الاخر بالقطعة النحاسية ثم تدفن بالارض وتؤمن هذه العملية انسياب او مرور الكهربائية المستقرة في الوعاء Statis electricity او الصواعق Lightning بدون ان تؤثر على الوعاء وعادة يفحص السلك من الكسر او اي عارض اخر وكذلك تفحص نقاط الربط وسلامتها من التاكل ويفحص ايضا الجزء المدفون وفي بعض الاحيان تفحص قابلية التوصيل للسلك النحاسي •

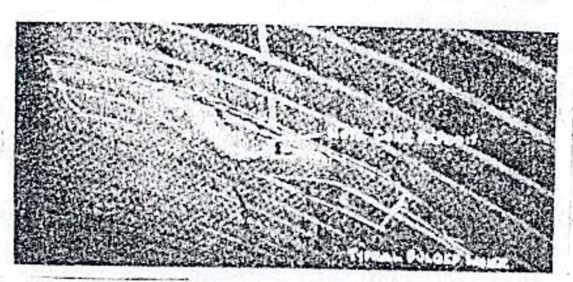
لصليحها • أما النوع الاخر من التآكل فهو التعرية ويمكن ملاحظة هذا التاكل من خلال مشاهدة جدران الوعاء حيث تكون المنطقة ذات مظهر براق وناعمة الملمس ويمكن تحديدها بسهولة بواسطة النظر أو باستعمال أحدى الاجهزة المساعدة وممكن حدوث مثل هذه الظاهرة في الصفائح المقابلة لدخول المادة الى البرج أو الوعاء وعادة تصنع هذه الصفائح من مواد لها قابلية مقاومة التعرية أو السوفان وتوضع على الجدران المتوقع فيها حدوث هذه الظاهرة لحمايتها من التعرية وتسمى تلك الصفائح Impingement plates • ومن المناطق المهمة التي يجب أن تفحص هي تلك التي تقع تحت مستوى السوائل فمن المعروف أن يكون للسائل مستوى معلوم في الابراج مثلا فوق الصواني فاذا كان نوع المادة حامضي Acidic corrodents فمن الممكن حدوث الانتفاخ blisters بواسطة نفوذ الهايدروجين واخيرا يجب أن يفحص الجدار ككل من أي أعوجاج أو طعج الى الداخل أو الخارج ويجب أن تقاس تلك الطعوج وتقدر شدتها على الوعاء •

٨-٣-٣ فحص البطانة المعدنية المغلفة للوعاء من الداخل Inspection of metallic Lining

هناك عدة أنواع من الاوعية والابراج تصمم وتجهز مغلفة من الداخل ببطانة معدنية تسمى Lining وتستعمل تلك الصفائح لوقاية الوعاء من جميع أنواع التأثيرات كالتعرية والتآكل وحسب المعدن المستعمل • أن عملية فحص تلك الصفائح المعدنية المبطنة للوعاء تتركز على ثلاثة نقاط مهمة أولهما فحص حالة الصفائح العامة Conditions ومقاومتها للتآكل وثانيا أن عملية التغليف قد تمت بصورة مضبوطة properly Installed

أما النقطة المهمة فهي التاكد من عدم وجود أي فطر أو ثقب في تلك الصفائح وفي مناطق اللحيم الرابطة لتلك الصفائح• كبداية لعملية الفحص ،يجب أن تفحص الصفائح بواسطة النظر وكذلك باستعمال المطرقة وذلك بالطرق بصورة خفيفة على تلك الصفائح وأذا وجد أي نوع من التاكل فيجب أن يفحص سمك الصفائح المتبقى وفي بعض الاحيان ترفع أحدى تلك الصفائح لقياس سمكها وكذلك فحص حالة الجدران خلف تلك الصفائح • كذلك يجب أن تفحص الصفائح للكشف على الفطور حيث يمكن ملاحظة ذلك بواسطة الفحص النظري أو بواسطة المطرقة الخفيفة حيث من الممكن ملاحظة ذلك عند سماع فرق صوت المطرقة عند الطرق على تلك الصفائح الحاوية على فطور عن غيرها أو باستعمال بعض السوائل الخاصة التي لها قابلية النفوذ بين الفطور والشقوق الضيقة والصغيرة مع ضياء خاص للكشف عن تلك الفطور وتسمى Dye-penetrant هناك طريقة أخرى للكشف عن الفطور وذلك باستعمال الجهاز المغناطيسي مع مسحوق الحديد الناعم حيث يتكون مجال مغناطيسي حول وعلى حدود الفطور من خلال

تجمع المسحوق حول تلك الفطور ولكن هـــــذه الطريقة لاتستعمل مع صفائح الحديد التي بهـــا نسبة عالية من عنصر الكروم لان هـذا المعــدن لايمكن مغنطته • من الامور المهمة هي ملاحظـة وجود أنتفاخ في صفائح البطانة المعدنية وهذا يدل على وجود فطور أو ثقوب في مناطق لحام تلــك الصفائح مما تساعد على تسرب المادة الـى الداخل فتنحصر بين صفائح البطانة وجدران الوعاء نفسه وأثناء التشغيل يحدث الانتفاخ نتيجـة تفاعــل تلك المادة المحصورة وبالتالي أزدياد الضغط فتدفع الصفائح الى الامام وكذلك يحدث الانتفاخ نتيجة تمدد معدن الصفائح نفسها ، وفي الاوعية التـــي تشتغل بالضغط السالب Vacuum يحدث الأنتفاخ أثناء التشغيل ومن ثم ترجع الصفائح الى مكانها في حالة توقف الوعاء ولذلك يلاحظ تعـــوج وتموج شكل الصفائح في تلك الأوعية • عند التأكد من تسرب المادة خلف تلك الصفائح فيجب في هـذه الحالة التاكد أيضا من عدم وجود تاكل في جدران الوعاء نتيجة وجود تلك المادة المحصورة وتحــت مختلف الظروف التشغيلية ومن المحتمل أن تكـون مسببة الى نوع من أنواع التاكل أو الضرر وفي هذه الحالة أما أن يفحص جدران الوعاء من الخـــارج ويقاس السمك بواسطة جهاز الذبذبات فوق الصوتية لمعرفة السمك المفقود نتيجة التاكل أو رفع أحــدى الصفائح المنتفخة وفحص جدران الوعاء خلفهـــا للتاكد من وضعية الجدار بصورة مضبوطة • والشكل رقــم ١٤٢ يمثل صفائح التبطين وكذلك يبين أحدى حالات الضرر التي تصيب تلك الصفائح وترسـب المادة خلفهـــا •



—Strip-Lining Deterioration.

شكل رقم (١٤٢)

(٨-٣-٤) فحص البطانة غير المعدنية للوعاء
Inspection of non-metallic Linings

هناك عدة أنواع من البطانة المغلفة للاوعيـة من الداخل غير معدنية مثل البطانـة الزجاجيـة ، البلاستيكية ، المطاط الصـلب ، الكونكريتيـــة أو مصنوعة من الطابوق الخاص وتستعمل تلك الانواع من البطانة عادة لمقاومة التاكل لجدران الوعاء وعادة البطانة المصنوعة من الســمنت أو الطابـــون تستعمل لعزل أو حفظ درجة حرارة جدران الوعاء الذي يشتغل تحت درجات حرارية عالية • تفحص تلك البطانات بواسطة النظر لملاحظة أي فطور أو تشقق أو أنتفاخ أو أي شيء أخر غير طبيعي فــي البطانة نفسها ويجب أن تفحص بعناية لان بعضها مثل البطانة الزجاجية والبلاستيكية سريعة التلف أو

الضرر • والشكل رقم ١٤٣ يبين بعض الفطور في البطانة الطابوقية المغلفة لمفاعل ، وعادة يمكـــن رؤية تلك الفطور وخاصة في البطانة المصنوعة مـن السمنت أو الطابوق بوضوح لذا فهناك أحتمـــال تسرب المادة خلف تلك البطانة وبالتالي توقع وجود التاكل لذا فأنه من المفضل وفي حالة وجود فطـور في منطقة ما أن يرفع قسم صغير من تلك البطانـــة للتاكد من عدم وجود التاكل وكذلك للتاكد من سمك الجدران وفحصـــها •

Cracks in Refractory-Tile Lining.

شـــكل رقـــم ١٤٣

٩ ـ الكشف عن العيوب الميكانيكية والتغيرات التركيبية لجدران الوعاء (طرق خاصة)
Detecting Mechanical defects and metallurgical changes

عادة الفحص النظري لجدران الوعاء هو الطريقـــة الاولية لفحص جدران الوعاء وبالتالي الكشف عن العيوب الميكانيكية الموجودة في الجدران بالاضافة الى الفحص النظري هناك طرق أخرى لتبيان العيوب كمـا ذكر قسما منها سابقا مثل الفحص بواسـطة الجهاز المغناطيسي Magnetic particle

الفحص بواسطة السوائل المظهرة مع المصـــباح الخاص Dye-penetrant

وكذلك الفحص بواسطة التصوير الشعاعـــــي Radiography أو الفحص بواسطة الحوامض etching أما الطريقة الاخيرة فتتم برفـع نموذج صغير Sample من الجدار للفحص• يستعمل التصوير الشعاعي لتحليل وايجاد العيوب وخاصة فـي مناطـق اللحـــام وتســـتعمل لهذا الغرض أجهزة الاشعة السينية X-Ray أو جهاز أشعة كامـا Gamma-Rays

أما طريقة الفحص بالحوامض فتستعمل في مناطق صغيرة وذلك للكشف عن الفطور السطحية الدقيقة وفي هذه الحالة يجب أن ينظف السطح أو الجـدار تنظيفا جيدا بواسطة الرمل الناعم والهواء المضغوط Sand blast ومن طبيعة تعامل الحامض مـع المعدن تظهر الفطور واضحة بعـد وضع تلـــك الحوامض لفترات زمنية مختلفـــة •

أما طريقة رفع النموذج من الجدران فتتـم هذه الطريقة وبصورة خاصة لفحص اللحام ومناطق اللحام وبيان نفاذ اللحام في المعدن Spot check

وكذلك تستعمل ايضا لدراسة وفحص المعدن عنـد المنطقة التي تم رفع النموذج منها ويجب أن يعاد تصليح المنطقة بصورة مضبوطةوخاصة طريقةاللحام

وتنظيف المنطقة . أن الطرق السابقة والتـــي تستعمل للكشف عن العيوب في المعــدن مــن الممكن أستعمالها أيضا للكشف عن التغيرات التركيبيـــة والفيزياوية لجدران الوعاء.

فمثلا قياس صلادة المعدن Hardness وقوتـــه ، وكذلك التحليل الكيمياوي للمعدن ، قابليته علـــى المغنطة وغيرها . لقياس صلادة المعدن هناك جهاز صغير متنقل يستعمل لهذا الغرض ومن خـــلال القياس ممكن التعرف على ظروف صنع المعــدن أو ظروف أشتغاله والمتغيرات الحاصلة فيه ، مثلا درجة الاحماء أو التحمية annealing

او درجة الترسيب الكاربوني Carburization

او درجة التحلل الكاربوني Decarburization

أو غيرها من العوامل أو الظروف المؤثرة على صلادة المعـــدن .

من الحوامض المستعملة للكشف عن بعضـــ المعادن هو حامض النتريك Nitric Acid

بتراكيز مختلفة وحسب جداول معينة ، فتوضـــع قطرات من حامض النتريك ويلاحظ نوعية ودرجـــة التفاعل بين الحامض والمعدن المراد فحصه ويقارن مع الجداول الخاصة أو مع معدن معلوم درجـــة ونوعية تفاعله مع هذا الحامض مثال أخير علـــى أستعمال الطرق السابقة هو فحص الحديد المقاوم للصدا الاوستيني بواسطة جهاز المغناطيس لقياس درجة الترسيب الكاربوني فيه لانه من المعلـــوم أن هذا النوع من الحديد ليس له القابلية على المغنطة لذا فأن أي تغير في ترسيبه الكاربوني من الممكن أن يؤثر على درجة مقاومته للمغنطة .

١٠ ــ الفحص أو الاختبار Testing

(١٠ــ١) الفحص أو الاختبار باستعمال المطرقة Hammer Testing

من أهم الادوات اللازمة للفاحص الهندسي والتي لها فوائد في عدة مجالات هي المطرقـــة فالفاحصـــ يستعمل المطرقة لمعرفة أو اختبار المعدن من خلال الطرق باساليب معينة ، ومن اهم الامور التـــي تستعمل لها المطرقة هي للكشف بصورة عامة عـــن وجود التاكل أو المناطق الخفيفة السمك لجـــدران الوعاء وكذلك للنهايات Headers أو لانابيب الاتصال بالوعاء وكذلك تستعمل لمعرفة درجة المتانة والشد والربط للبراغي والمساند Bracket أو تستعمل لفحص البطانة المغلفة الداخلية للوعاء لمعرفة قوتها والتأكد من عدم وجود فطور أو شقوق فيها كما ذكرنا سابقا أو تستعمل لرفع أو أزالـــة بعض طبقات الاكاسيد المتكونة على سطح الجدران أو الاوساخ المتراكمة وذلك عند الفحص الموضعي للجدران وكذلك هناك أستعمالات ثانوية أيضـــا للمطرقة. هناك عدة طرق حول كيفية استعمال المطرقة ونوعية المطرقة من غاية الى أخرى فهناك المطرقـــة الشديدة أو المطرقة الخفيفة أو التنقير Tapping وممكن ملاحظة الصوت ومقارنته مع مناطق أخرى. يعتمد هذا النوع من الاختبار بالدرجة الاولى على الفاحص نفسه وعلى خبرته في هذا المجال مـــن الفحص والمطارق عادة تتكون أو تعـــرف باوزان واشكال مختلفة .

(١٠-٢) الفحص بواسطة الضغط الموجب أو الضغط السالب (الفراغ) Pressure and Vacuum Testing

عند أكمال صنع الاوعية والابراج التي تشتغل بضغط يتم فحصها أو أختبارها تبعا لانظمةوتعليمات قياسية دولية Standard وهذه الانظمة القياسية تنظم عملية الصنع وكيفية الصنع والمواد المستعملة وكذلك أنواع الاختبارات والفحوص اللازمة لها • فعند أكمال الصنع لاي وعاء يتم فحصه بواسطة الضغط ايضا وحسب تصميم الوعاء • هناك فرق بين عملية فحصه بواسطة الضغط عندما يكون الوعاء جديدا أو مشتغلا لفترة معينة • ففي الحالة الاولى يتم فحص الوعاء بضغط يحسب على أساس الضغط التصميمي للوعاء وكذلك يفحص بنفس الضغط في حالة أجراء تصليح شامل أو تصليح جزئي كتبديل جزء من الجدار أو أحدى النهايات أو تبديل أحدى الانابيب الداخلة الى الوعاء أو الخارجة منه أما الحالة الاخرى فيتم فحصه بضغط يحسب على أساس الضغط التشغيلي للوعاء ويلاحظ في هذا الفحص درجة الشد أو الربط للبراغي وعدم وجود أي تسرب Leak وكذلك يستعمل للتصليحات البسيطة أن وجدتعلى الوعاء • يؤخذ بنظر الاعتبار عند أجراء الفحص المائي Hydrostatic Test على الاوعية والابراج مقدار تحمل قواعد ومساند الاوعية والابراج ومقدار الثقل المسموح لتلك القواعد وذلك لاحتمال زيادة الثقل الى أكثر من المقدار التصميمي للوعاء بعد ملئه بالماء ، وفي حالة وجود شك في عدم قدرة القواعد على تحمل وزن الوعاء بالاضافة الى وزن الماء الموجود في داخله يجري فحص الوعاء بواسطة الهواء المضغوط Pneumatic Test •يتم الفحص بالضغط وذلك بملىء الوعاء بالماء أو الغاز ويتم زيادة الضغط بواسطة جهاز الضغط الى المستوى المطلوب وتتم العملية حسب التعليمات أو الانظمة التي تم بواسطتها صنع الوعاء والتي أخذ بنظر الاعتبار مقدار سمك الوعاء وحجم الوعاء وكذلك قوة ومتانة مناطق اللحام • هناك بعض الانظمة تحتم فحص الاوعية والابراج التي تعمل بضغط في مدد زمنية متباعدة وذلك للتأكد من صلاحية الوعاء وقوته عند أشتغاله لفترة محددة أخرى • طبعا يجب أن يلاحظ وينتبه الى نوعية المعدن المصنوع وكذلك نوع المادة الداخلة ونوع المادة التي تستعمل للفحص فمثلا في الاوعية التي مغلفة أو مصنوعة من مادة الحديد المقاوم للصدا St. Steel لايمكن فحص ذلك الوعاء بالماء فيما أذا كان هناك شك بوجود الكلورايد والا فان التآكل الجهدي Stress Corrosion والفطور المتكونة نتيجة ذلك سوف تكون متوقعة لذا يجب على الفاحص أن يعرف ظروف الوعاء جيدا قبل أجراء الفحص عليه وخاصة أثناء أشتغاله لمدة زمنية سابقة • عندما يستعمل الهواء المضغوط للفحص فيجب أن يستعمل أيضا محلول الصابون والماء وذلك برش أو تغطية جميع مناطق اللحام من الخارج بهذا المحلول فاذا كان هناك أي تسرب للهواء Leak فسوف

تتكون في المنطقة فقاعات هوائية تستدل بواسطتها على وجود الشقوق أو الثقوب •

الاوعية التي تعمل بلضغط السالب (الفراغ Vacuum) ممكن أن تفحص بواسطةالضغط الموجب او بواسطة الضغط السالب حيث يتم الحصول على الضغط السالب في داخل الوعاء بواسطة مفرغة هواء أو بواسطة مضخة خاصة لهذا الغرض وفي هذه الحالة أذا وصل الضغط السالب في داخل الوعاء الى حد معين وبقى محافظا على نفس المستوى لفترة زمنية محددة أنذاك ممكن القول بان الوعاء صالح للاستعمال وليس هناك أي تسرب أما أذا صارت هناك شكوك بوجود تسرب ما فمن الصعب تحديد موقعه • أثناء أجراء الفحص المائي أو الهوائي على الاجهزة يجب أن يكون جميع الاشخاص خارج منطقة الفحص خوفا من خطر الانفجار ويبقى فقط الفاحص الهندسي الذي عليه أن يجري الفحص •

١١ ـ محدوديات السمك لجدران الوعاء Limits of Thickness

من أهم الامور التي يجب أن يعلمها الفاحص قبل البدء بفحص الوعاء هو السمك التقاعدي للوعاء أو لاجزاء الوعاء المختلفة Retiring thick وكذلك السمك الاضافي أو المسموح به ويضاف هذا السمك للتعويض عن التاكل أو التعرية أو أي ضرر أخر يحصل للجدار ولكي يبقى الجدار مقاوما الظروف التشغيلية المصممة لذلك الوعاء وكما ذكرنا سابقا فأن هناك عدة أنظمة قياسية تحدد طريقة حساب السمك التقاعدي والسمك الاضافي للوعاء • السمك التقاعدي هو السمك الذي يصله الجدار فيصبح في حالة لاتؤهله للاشتغال تحت الظروف التشغيلية المطلوبة وهناك الحد الادنى Min. Thickness للسمك المطلوب وتحديد هذا الحد يعتمد على نواحي عدة منها حجم الوعاء ، شكله ، نوع المعدن المستعمل وكذلك طريقة الصنع ومن المفضل أنتحفظ جميع المعلومات في تقارير خاصة لكل وعاء وهذه التقارير تساعد على تكوين فكرة جيدة في المستقبل وذلك عند وجود أيتاكل أو تعرية في الجدار فانذاك ممكن المقارنة مع القياسات والحسابات السابقة والتقرير بشأن تصليح أو تبديل الوعاء وهناك طريقة أخرى وهي رسم المعلومات المتوفرة على شكل منحنيات تغيرات السمك مع الوقت وغيرها بحيث يستطيع الفاحص أن يعرف وضعية الوعاء من تلك الرسوم وكذلك التوقعات المترقبة • فيبعض الاحيان يجد الفاحص تحت ظروف معينة أن يتخذ عدة قرارات بدون الرجوع الى الحسابات المطلوبة أو المناقشة حول الموضوع ومن الناحية الاقتصادية يفضل أن يستعمل الوعاء الى أكبر مدة ممكنة بشرط أن يكون مستوفى الشروط حول ضرورة تشغيله بمثل تلك القياسات • اذا من المفضل أن يكون

ثانيا ــ طريقة فحص المبادلات الحرارية

اعــداد السيد /

عبدالقادر الفهــد

انــواع المبادلات :ــ

تستعمل المبادلة الحرارية لتخفيض درجـــة حرارة مادة جارية بواسطة مادة جاريـــة اختيرت لتسخينها ويتم التبادل الحراري بدون ان يحــدث اختلاط بين المادتين •

يستعمل المكثف Condenser لتخفيض درجة حرارة الغاز الى درجة يتحول فيها من غــاز الى ســائل وذلك بانتقال الحرارة الى سائل اخــر عادة الماء • ويمكن استعمال المكثف لتبريد السائل الحار الى اقل درجة حرارة مطلوبة ويعتبر كمبــرد Cooler تســتعمل صــــناديق التبريـــد Cooler Boxes لتبريد السائل الحـــار بانتقال الحرارة الى كمية كبيرة من الماء وتستعمل احيانا لتكثيف المادة الغازية •

شكل رقم (١٤٤) يوضح اجزاء المبادلةالحرارية اما شكل رقم (١٤٥) يوضح انواع المبـــادلات الحرارية •

المبادلات الحرارية التي تحتوي على حزمــة انابيب وقشــرة

Shell and Tube bundle exchangers

توجد انواع من الحزم Bundles والقشرة Shell للمبادلة الحرارية وعادة ترتبط الانابيب Tubes بصــفيحة الانابيب Tube Sheet بواسطة عملية توسيع الانابيب Rolling ويمكن ان يعمل للانبوب توسيع ولحام او تربط الانابيب بواسطة packing gland وهذه على انواع :ــ

١ ــ صفيحة انابيب ثابتة ورأس عائم

One fixed tube Steel floating head

تحتوي هذه المبادلات الحرارية على قشــرة اسطوانية وفي كل نهاية فلنجة • وتوجد حزمة انابيب وصفيحة انابيب في كل نهاية ايضا ويوجد المجــرى وغطــاء المجرى Channel and Channel cover اما غطاء الرأس العائــم Floating head cover فيوجد من جهة واحدة من حزمة الانابيب ثم غطاء القشرة •

قطر صفيحة الانابيب يكون صغير ليمر خلال القشرة الاسطوانية ، اما قطر صفيحة الانابيــب الثانية فيكون كبير ليستقر على سطح فلنجة القشرة او يربط مع المجرى •

ان غطاء الرأس العائم يربط امام صــــفيحة الانابيب الصغيرة ثم يلي ذلك غطاء القشرة •

قد ينقسم المجرى والرأس العائم الى عــدة اقسام من الداخل بحيث يحدد عدد مرات جريـــان المادة داخل الانابيب ، الغرض من هذا التقسيم هو تحويل مجرى المادة الجارية وهذا يتغير تبع التصميم اما المادة الجارية خلال القشرة فيعرقل ســـــيرها الحواجز Baffles • ان نهاية انابيب الحزمــة حرة الحركة في القشرة بحيث يسمح لها اما التمدد والتقلص بتغير درجات الحرارة وهذا النوع كثــير الاستعمال •

٢ ـ صفيحتين للانابيب ثابتتين

Two fixed tube Sheets

ان تركيب اجزاء هذه المبادلة يشـبه النـوع الاول ولكن يوجد فرق هو ان صفيحتي الانابيـب تكون ثابتة •

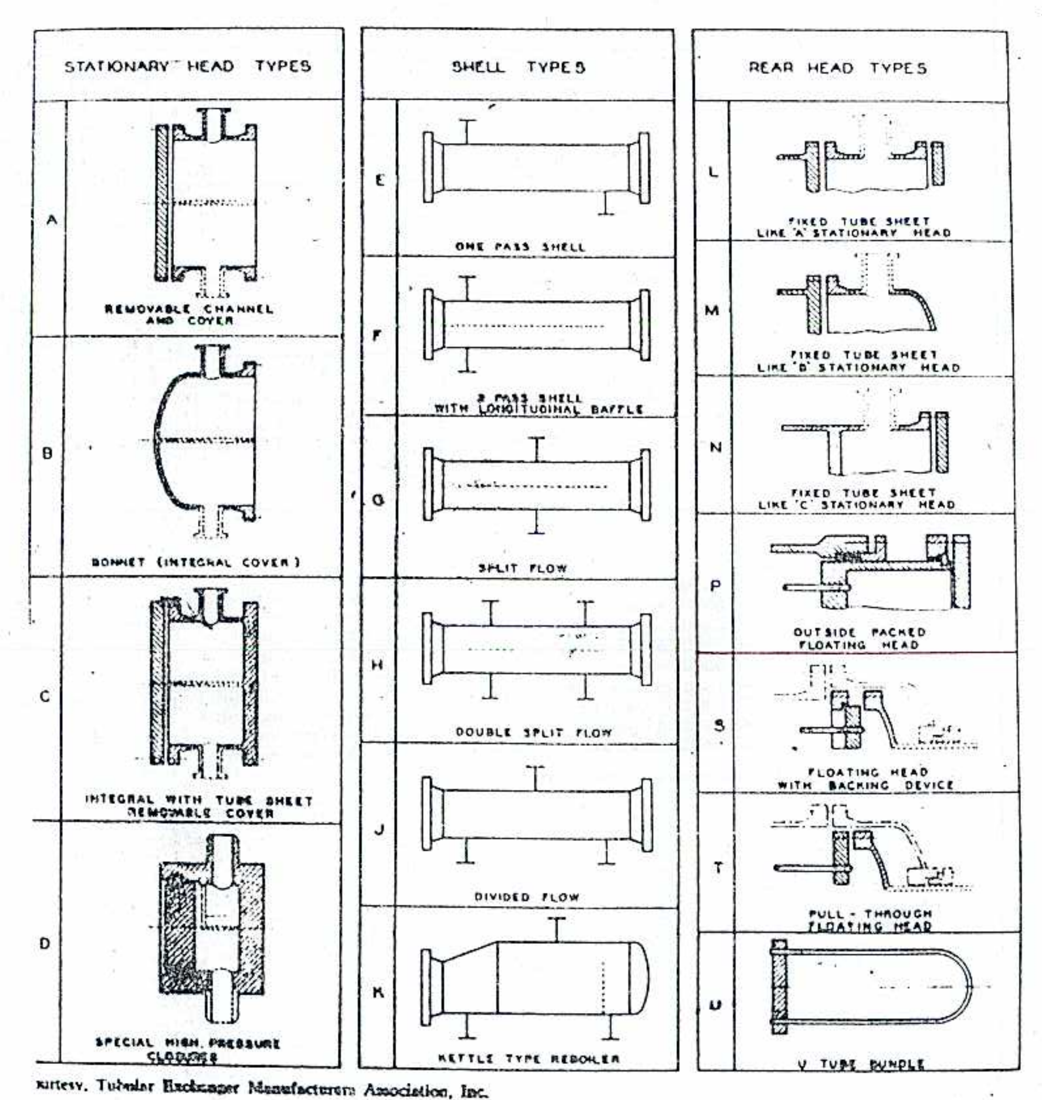
وبعد ان تثبت الصفيحتين توضع الانابيـب ويعمل لها توسيع Rolling ان الوجه الداخلي للقشرة لايمكن كشفه للتنظيف ولذلك حدد تنظيفها اما بالماء والفرش او بالمواد الكيمياوية •

٣ ـ صفيحة انابيب ثابتة مع انابيب على شكل U

One fixed tube sheet with U-tube

مبادلة فيها صفيحة انابيب واحدة ثابتـة والانابيب على شكل حرف U وهذا الانحناء بديل عن الرأس العائم Floating head هذه المبادلة قابلة للتمددوالتقلص كما في النوع رقم واحد •

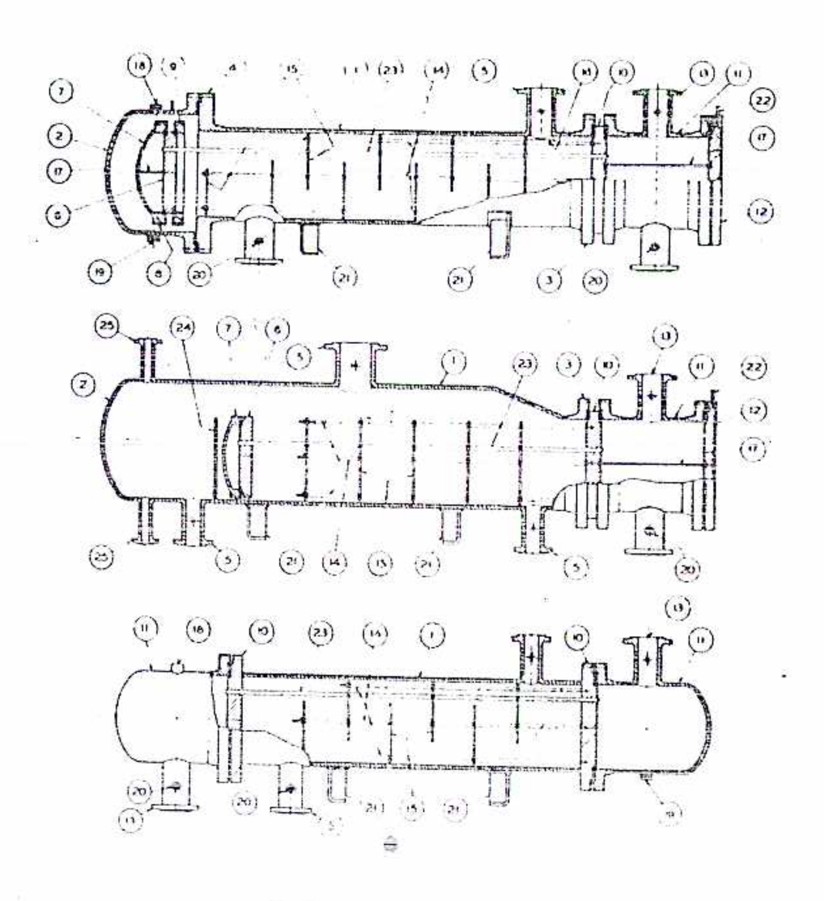
توجد صعوبة في التنظيف الميكانيكي للانابيب من الداخل ، ويمكن تنظيفها بالمواد الكيمياويـة او بالرمل او تنظيف مائي Hydroblasting



شـكل رقـم (١٤٤)

urtesy, Tubular Exchanger Manufacturers Association, Inc.

—Heat Exchanger Types.



1. Shell
2. Shell Cover
3. Shell Flange Channel End
4. Shell Flange Cover End
5. Shell Nozzle
6. Floating Tubesheet
7. Floating Head Cover
8. Floating Head Flange
9. Floating Head Backing Device
10. Stationary Tubesheet
11. Channel or Stationary Head
12. Channel Cover
13. Channel Nozzle
14. Tie Rods and Spacers
15. Transverse Baffles or Support Plates
16. Impingement Baffle
17. Pass Partition
18. Vent Connection
19. Drain Connection
20. Instrument Connection
21. Support Saddles
22. Lifting Lugs
23. Tubes
24. Weir
25. Liquid Level Connectio

Courtesy, Tubular Exchanger Manufacturers Association, Inc.

—Heat Exchanger Parts.

شكل رقم (١٤٥)

٤ ــ المبادلة الحاوية على صفيحتين للانابيب

تحتوي المبادلة على صفيحتين للانابيب ، وتوجد مسافة صغيرة (١ أنج) بين الصفيحتين . تستعمل للحالات المتوقع فيها نضوحات كثيرة .

يعمل توسيع Rolling للانابيب داخل كلا الصفيحتين . صفيحة الانابيب الخارجية تتصل بالمجرى اما الصفيحة الداخلية تكون ثابتة مع القشرة . العرض من هذا التصميم لمنع اي نضوح في المجال الحاصل بين صفيحتي الانابيب . ولهذا تمنع اختلاط المادة الجارية بالاخرى .

هذا الترتيب مفيد لعدم وجود رأس عائم ويمكن استعماله فقط مع انابيب على شكل U .

٥ ــ المبخرات Reboiler and evaporators

يكون تركيب هذا النوع مشابه لاي مبادلة حرارية اخرى الا ان صفيحة الانابيب تكون ثابتة ماعدا ان المبخر الافقي فيه مجال واسع للبخار فوق الانابيب . المبخرات تختص بتبخير او اعادة تسخين السوائل .

٦ ــ مسخنات الماء Water Heaters

مسخنات الماء على انواع اما من نوع الرأس العائم ، او من نوع الانابيب على شكل U او من نوع صفيحة الانابيب الثابتة . تستعمل لتسخين الماء المغذي للمرجل او لاغراض اخرى .

تركيب المبادلة الحرارية والمعادن المستعملة

تحتوي المبادلة على حواجز Buffles ودعائم Supports توجد حواجز pass partsition داخل المجرى Channel وغطاء صفيحة الانابيب العائمة وذلك لتحديد عدد مرات جريان المادة . شكل رقم (١٤٤) و (١٤٥) يوضح مختلف المجاري والحواجز .

توجد في داخل القشرة صفيحة تعكس اتجاه الجريان قد وضعت تحت الفوهة الداخلة للقشرة Inlet وذلك لمنع تصادم المادة الجارية الداخلة مع انابيب الحزمة . يتم اختيار معدن اجزاء المبادلة على اساس مقاومته للتآكل وبحيث يكون اقتصاديا .

يصنع معدن القشرة من الحديد الاعتيادي Carbon Steel وقد يستعمل الحديد الصب Cast Iron او سبيكة مقاومة للتآكل او تكسى بمادة مقاومة للتآكل Cladding .

اما الانابيب فتصنع من مواد مختلفة حسب المواد الجارية . واحيانا يصنع الانبوب من معدن خاص من الداخل ويكسى بمعدن اخر من الخارج لمنع التآكل الموجود بين الوسطين المختلفين .

تصنع صفيحة الانابيب من البراص البحري Naval Brass او من الحديد Steel عندما يكون الوسط للتبريد او للتكثيف . أذا كان التبادل بين مادتين هيدروكاربونية فتصنع الصفيحة من الحديد الاعتيادي او سبيكة مقاومة للتآكل . وكذلك المجرى والحواجز من الحديد الاعتيادي او الحديد الصب او سبيكة مقاومة للتآكل .

الحزمة المكشوفة Exposed Tube bundle

تستعمل الحزمة المكشوفة التي لاتنغطى بقشرة للتكثيف او للتبريد ، وقد توضع تحت رشاش من الماء او تغطس كليا •و يمكن ان تستعمل كمسخن وخاصة في الخزانات عندما تكون الحزمة غاطسة في السائل وهي على انواع :ـ

١ ـ الحزمة المكشوفة تحت برج التبريد
Exposed Tube Under Cooler Tower

تنظم الانابيب المكشوفة في حزمة محكمة وتوضع تحت برج التبريد • يسقط الماء من البرج فينساب على الانابيب والماء الساخن يعاد الى اعلى البرج للتبريد ويعاد استعماله •

هذا الموقع للحزمة يتأثر بالطقس قليل الرطوبة حيث يؤدي الى أقصى تبخر •

٢ ـ الحزمة المكشوفة تحت رشاشات الماء
Exposed Tube bundle under spray heads

تنصب رشاشات الماء فوق الحزمة المكشوفة لتوزع على الانابيب • يوضع خزان الاستلام تحت حزمة الانابيب ويستلم الماء الساقط على الحزمة وعندما يكون باردا يستعمل مرة ثانية •

وعندما يكون الماء بكميات كبيرة يستعمل هذا النوع من الحزم كمبردة Cooler وبدون خزان استلام وذلك بتصريف الماء الى المجاري •

٣ ـ الحزمة المكشوفة الغاطسة
Exposed Tube-Section-Submerged

توضع الحزمة عموديا او افقيا وتغطس داخل الصندوق ؛ يدخل السائل الحار من الجزء العلوي للحزمة ويخرج من اسفلها ، اما الماء البارد الداخل من قاع الصندوق فيخرج كماء حار من قمة الصندوق ؛ هذا التنظيم المعاكس يعطي تبريد عالي باستعمال كمية قليلة من الماء •

٤ ـ مسخنات الخزانات Storage Tank heater

هنا تكون حزمة الانابيب جزء من الخزان المسخن وتكون على ثلاث انواع :ـ

١ ـ توضع الحزمة خارج الخزان

٢ ـ توضع جزئيا مع الخزان

٣ ـ توضع كليا داخل الخزان

٥ ـ المبردات الهوائية •

وهي تشبه الحزم المكشوفة وتختلف عنها باستعمال الهواء كوسط للتبريد • توضع الانابيب داخل هيكل من الحديد الاعتيادي ويمر الهواء من داخله بواسطة المروحة الموضوعة فوق او تحت مجرى الانابيب وتستعمل لتكثيف او تبريد الغاز السائل وتستعمل في المناطق التي يقل الماء فيها او تستعمل لاغراض اقتصادية •

٦ ـ ملفات الانابيب
Pipe Coils

وهي على نوعين :

أ ـ الملفات ذات الانبوب المزدوج

ب ـ الملفات ذات الانبوب المنفرد

أ ـ يستعمل هذا النوع في الضغوط العالية جدا ولكونه اقتصاديا • وبسبب صغر القطر والشكل الاسطواني فانه يحتاج الى سمك قليل وهو على

انــواع :ــ

الملفات ذات الانبوب المزدوج للمواد النظيفة

Clean Service Double Pipe Coils

وهو أنبوب على شكل حرف U مغلف بانبــــوب اخر حيث عزل الانبوب الخارجي عن الانبــــوب الداخلي ، الانبوب الداخلي يتصل بانبوب داخلــي اخر بواسطة انبوب منحني على شكل U اما الانبوب الخارجي فيتصل بانبوب خارجي اخر بواســــطة الفلنجــات

الملفات ذات الانبوب المزدوج للمواد غــــير النظيفــة Dirty-Service Double pipe Coils

هذا الملف مشابه للنوع السابق سوى وجــود قاشطة داخل الانبوب الداخلي • هذه القاشــــطة موجودة على شكل قضيب يمتد داخل الانبــــوب ويدور بواسطة سلسلة تدور بمحرك عادة ماطــور كهربائي •

ب ـــ هذا النوع هو انبوب مستمر ومتصل يمــــر في وسط لتسخينه او لتبريده وهو على انواع :ـــ

المكثف أو ملف التبريد Condenser or Cooler Coils

مجموعة اجزاء انابيب تتصل الواحدة بالاخرى بمنحنيات على شكل U مستقرة في صندوق فيــه ماء ، وهو حر الحركة في التمدد والتقلص • المــاء يدخل من قرب قاع الصندوق ويخرج عندمايصل الى مستوى معين •

ملــف التبريد Chilling Coils

وهو على شكل ملف قرب المحيط الداخلـــي للوعاء ويمتد من القاع حتى القمة او يكون علــى شكل ملف حلزوني قرب القاع •

ملفات تسخين الخزانات (النوع الارضي)

Flat-Type tank heater Coils

هذا النوع من الملفات التي تأخذ اكبر مساحة من قاع الخزان يدخل فيها البخار لتسخين المــــادة ويصنع من الحديد Steel وتلحم وصـــل الاتصال جيدا لتقليل النضوح •

ملفات تسخين الخزانات الصندوقية

يوضع هذا الملف داخل صندوق مصنوع مــن الحديد الاعتيادي او الخشب • يدخل البخــــار من قمة الملف ثم ينساب خلال الملف حتى يصل الى القاع متكثفا ثم يتم تصريفه الى الخارج •

٧ ـــ أنابيب ذات مساحة سطحية كبيرة

الغرض من هذا التصميم هو الاستفادة مــن السطح الخارجي باستعمال اقل سطح من الداخل • فيمكن استعمال مبادلة صغيرة اذا استعمل السطح الخارجي في انتقال الحرارة وهذا يستعمل فـــي الانابيب المزدوجة

٨ ـــ المبادلة الحرارية ذات الصفائح

Plate Type Exchanger

وهذه ايضا تصنع من سطح ممتد ذو طبقات متتالية من صفائح خفيفة ومن مادة مقاومة للتآكل• يستعمل في الخزانات التي تحتاج الى تسخين •

اغراض الفحص Reason for Inspection

١ ـــ نظرة عامة

من اهم اسباب الفحص هي لحساب الحالـــة الفيزياوية للمحتويات وسرعة التآكل وسبب التلف

١ — عمل تصليحات ضرورية والخطة التي يتم التصليح بها مستقبلا والتبديلات ان وجدت .

٢ — منع او ايقاف التلف .

٣ — تجنب التوقفات غير المبرمجة .

٢ — السلامة Safety

التآكل والتعرية يضعف اجزاء مختلفة من المبادلة وقد يؤدي الى العطب وعندما يكون الانبوب المستهلك غير خطر من ناحية السلامة فقد يسبب الى انتاج مواصفات غير جيدة تؤدي الى توقف الوحدة .

الانبوب المستهلك في المبردة يؤدي الى تقليل الانتاج وقد يسبب مشاكل سلامة اذ اختلط البخار او النفط مع الماء البارد .

ان الزيادة في تلف القشرة والقناة والغطاء تؤدي الى نضوحات خطرة قد تؤدي الى العطب .

٣ — استمرار وكفاءة التشغيل

ان عملية الفحص التي تتبعها صيانة سوف تدعم استمرارية وطاقة التشغيل . .

الانابيب والحشوات التي تنضح او النضوحات الصغيرة الحادثة خلال التنقر قد تحتاج الى توقف غير مبرمج للوحدة والنتيجة هي نقصان في الطاقة الانتاجية وفي النفقات غير الضرورية .

الانابيب الملوثة والمتآكلة او الحواجز Baffles الموضوعة بشكل غير ملائم والتي تسمح العبور By-Passing سوف تؤدي الى انتقال حرارة غير كافية ، وقد تسبب التوقف . من اجل استمرار التشغيل يجب الاهتمام بالمبادلة والتأكد من خلوها من النضوحات ومن نظافتها .

وكذلك الحواجز في حالة جيدة وقد وضعت في مكانها .

٤ — التقليل من كلفة الصيانة

ان المبادلة ومحتوياتها تكون جزء رئيسي من وحدات المصفى الحديث ، فالتركيب المعقد للمبادلة مع القشرة والقناة وصفائح الانابيب والانابيب والاغطية والحواجز والحشوات ، هذه الاجزاء تتوفر فيها عدة نقاط ضعف . والتفتيش الكامل والملائم يرتبط مع التقارير المستمرة والموضحة للعطب ونوعه ، وبذلك نستطيع ان نقدر الزمن المحدد للتصليح وكذلك التبديل للاجزاء الضرورية وبذلك تتوفر الصيانة المخططة مع قلة في الوقت المصروف وكذلك قلة في الكلفة .

حالات التلف Causes of Deteioration

١ — نظرة عامة

قد يحدث التلف على كل سطح المبادلة التي هي بتماس مع المواد الهيدروكاربونية ، المواد الكيمياوية ، الماء (النظيف والمالح) والبخار .

قد يكون هذا التأثير Attack بسبب كهر كيمياوي ، كيمياوي او ميكانيكي او مركب من الاسباب الثلاث . قد يكون هذا التأثير لاسباب اخرى لها تأثيرات معجلة مثل درجة الحرارة والجهد Stress والكلل Fatigue الناتج بسبب التذبذب والاصطدامات وسرعة الجريان العالية .

٢ ــ التآكل Corrosion

قد يحدث التآكل في اي جزء من المبادلة ، ان شدة التآكل Attack تتأثر بواسطة تركيز وطبيعة عناصر التآكل الموجودة في المادة الجارية وكذلك يجب ان يكون المعدن من مادة مصنوعة مقاومة للتآكل •

(أ) ــ التآكل الناتج من مواد هيدروكاربونية

ان المركبات الموجودة في المواد الهيدروكاربونية هي مركبات الكبريت مثل كبريتيد الهيدروجين •

والكبريت يولد طبقة من كبريتيد النحاس على سطح النحاس وبالنتيجة يكون السطح قد اصابه الــ Thinning وبشكل متجانس او اصابه التنقر غير العميق تحت طبقة سوداء من الكبريتيد • أن قشور الكبريتيد تكون غير مقاومة وتساعد على التآكل باستمرار وبسرعة منتظمة نسبيا •

قد يتأثر الحديد الاعتيادي Carbon Steel بكبريتيد الهيدروجين عندما تكون الحرارة عالية ، عادة اكثر من ٥٠٠°ف وهذا يؤدي الى خسارة مستمرة في سمك المعدن •

الحديد الاعتيادي والصب Cast Iron قد يتأثر بكبريتيد الهيدروجين في درجات الحرارة المنخفضة اذا وجدت الرطوبة ، مواد اخرى مهمة في التاكل هي حامض الهيدروكلوريك ، ان اكثر النفط الخام يحتوي على ماء مالح ويحتوي على كمية كبيرة من الصوديوم والكالسيوم وكلوريد المغنيسيوم ، عندما يسخن الماء الى ٣٠٠°ف ــ ٤٠٠° يتكون حامض الهيدروكلوريك •

كلوريد الهيدروجين هو حامض الهيدروكلوريك الجاف وهو غير مساعد في التآكل الا اذا توفر الماء فيتكون حامض الهيدروكلوريك ، فيتم التآكل في درجات الحرارة المنخفضة ، وفي اجزاء كثيرة من وحدات المصفى وخاصة قاع القشرة والنوزلات السفلى •

ان معظم املاح الصوديوم والمغنيسيوم تتكسر في انابيب الفرن التي لايوجد بها الماء •

التآكل الجهدي Stress Corrosion او الشقوق Season Cracking قد تحدث في اجزاء المبادلة اذا تعرضت الى جهود داخل المبادلة نتيجة الضغط التشغيلي العالي او التمدد والتقلص الحراري ، او تحتوي على بقايا جهود مكونة من الزيادة في التوسع Over Rolling الطرق Flattening او الحني Bending او الفك والتركيب الخشن Rough handling او تعرضها الى محيط مساعد على التآكل •

يعتمد التاكل الجهدي والشقوق على : ــ

١ ــ تركيب المحيط او المادة الجارية المحيطة بالمعدن المجهد •

٢ ــ تركيب المعدن •

٣ ــ كمية الجهد

هذا النوع من التلف موجود اعتيادي في انابيب النحاس • ان وجود مادة مؤثرة مثل الامونيا والحاوية على نايتروجين وكذلك الماء • والاوكسجين

Brass (Alloy => Copper + Zinc) <= البراص سبيكة نحاس

ضروري في توليد شقوق جهد التآكل في سبيكة النحاس .

ان الاوكسجين وبقايا الامونيا تذاب في طبقة خفيفة من الماء ، ان نواتج التآكل تحت هذه الظروف ذات لون ازرق غامق ، و اسود جوزي غامق .

(ب) ـ التآكل بالماء

ان سبب تلف المعدن المعرض للماء البارد في المبادلة هي ظواهر متعددة في التآكل كما هو موضح :ـ

١ ـ التآكل والتعرية Erosion and Corrosion
٢ ـ التآكل الكلفاني Galvanic Corrosion
٣ ـ التآكل الكرافيتي Graphitic Corrosion
٤ ـ تآكل الارتطام Impingement attack
٥ ـ أزالة الغلونة Dezincification
٦ ـ تآكل الترسيب Deposit attack
٧ ـ التآكل الجهدي Stress Corrosion
٨ ـ أنواع عامة Miscellaneous Type

وفي التآكل والتعرية يتم اولا تعرية الغطاء المانع للتاكل ومن ثم يتم التاكل وهذا مايحدث بشكل رئيسي في نهاية الانابيب .

أما القناة والرأس وصفيحة الانابيب والسطوح الاخرى تتاثر بالتاكل الكلفاني عندما تتوفر معادن مختلفة فيأجزاء متقاربة . ويحدث التاكل الكرافيتي عندما يكون الماء حامضي في الحديد الصب وقد يكون التاكل عميق عندما يستعمل سبيكة النحاس لصفيحة الانابيب والانابيب ايضا لوجود مسافة في الجدول الكلفاني بين الصب والنحاس فان معدل التاكل يكون سريع .

والحديد في الحديد الصب يكون اقل مقاومة من سبيكة النحاس ، حيث يتم اذابته على السطح مكون طبقة سميكة من الكرافيت . ولكن هذه الطبقة من الفحم Craphite أكثر مقاومة من سبيكة النحاس . لذلك تبدأ السبيكة بالتاكل .

* اما النوع الرابع ـ تآكل الارتطام فيحدث عند او قرب نهاية الانابيب Inlet وقد يمتد على طول الانبوب الكلي ، ويحدث تنقر على الجدار الاملس ويخف التنقر باتجاه الجريان .

اما النوع الخامس فهو ازالة الغلونة ويحدث أزالة غلونة البراص Brass عندما يقل الخارصين في البراص ويترك كفضلات او يترسب ثانية . ان الخارصين الخالي من النحاس Copper ذو شد ميكانيكي قليل وهذه الظاهرة تحدث على نوعين ،
أزالة الغلونة الموضعي Plug Type Dezincification
أزالة الغلونة القشري Layer Type Dezincification

أما أزالة الغلونة الموضعي فهو من الاسم يحدث بالترسب على بعض النقاط نتيجة أختلاف تركيب السبيكة ، هذه النقاط المبعثرة على السطح سوف تنمو بسرعة وتصبح عميقة وزيادة درجة الحرارة تعجل هذا التأثير .

يمكن تقليل هذا التأثير بتقليل سرعة الماء لتمنع ترسب الجسيمات الصلبة على جدار الانابيب .

أما أزالة الغلونة القشري يحدث عندما يتاكل البراص Brass تحت ظروف تسمح لتكون

Tube ⇒ Brass, Stainless Steel, Carbon Steel, Alloy Steel 5% Cr

ملح نحاسي Copper Salt قابل للذوبان. ومحلول ملح النحاس يبقى ملتصق مع البراصـــــ لمـــدة طويلـــة حتـــى يترســـب النحــاس مرة ثانية على حساب مزيد من البراص . وهـــذا النوع من التاكل يزداد بزيادة درجة حرارة المعــدن وحامضية الماء . أن بداية هذا النوع من التاكل هو الراسب الاسفنجي على السطح ..

أما النوع السادس فهو تاكل الترسيب والــذي يحدث بسبب ترسب الجسيمات الصلبة على سطح المعدن ، هذه الجسيمات تسبب تشقق موضعي في الفلم الذي يحمي السطح من التآكل . هذا الشق الصغير يصبح قطب موجب بالنسبة الى المساحــة المحيطة الكبـيرة .

يزداد التنقر بزيادة حركة السائل الموضـــعية والسرعة العالية. ويكون التنقر ذو حواف غير منتظمة وقاع خشـــنة .

اما النوع السابع ــ التآكل الجهدي فيتولد بسبب جهد خارجي او تشقق كنتيجة للجهد الداخلـــي ..

الجهود الخارجية تحدث عادة في أنابيب الحزمة ذات الاقطار الكبيرة والتي تكون بين وســــطين مختلفين في درجات الحــــرارة .

الجهد الداخلي يحدث بسبب عدم أزالة الجهد Stress Relief أو بالتوسيع أو بالحنى bending والطـرق Flattening

أما الانواع العامة فيقصد به التنقر الذي يحدث في القناة المصنوعة من الحديد نتيجة وجود المــاء غير المعامل . وكذلك الخفة في السمك الذي يتلف المبادلة . ووجود الماء الحامضي يسبب أيضا قلة في السمك Thinning .

جـ ــ التاكــل التكاثفي

Condensate Corrosion

يحدث هذا التاكل بسبب :ــ

أ ــ البخار المتكثف المولد للحفــر والنقــــر

عندما يستعمل البخار كوسط مسخن في المبادلة فالبخــــار المكثــــف يـــــؤدي الـــى توليـــد حفـــــر ونقــــر داخــــل الانابيـــــب ، أن ثاني أوكسيد الكربون والاوكسجين الموجود مع البخار المتكثف هو السبب الرئيسي في التاكل .

ب ــ الماء المكثف في الوحدات Process Condensate

الماء يمتص كمية قليلة من مواد التاكل مثـــــل حامض الهيدروكلوريك وهيدروكسيد الامونيا وثاني أوكسيد الفضة . هذه المواد تسبب التاكل علـــى شكل أخدود Groove Corrosion

ويكون واضحا على سطح الانابيب التي يتساقـط عليها البخــار المكثف باستمرار وبنفس الموضع .

د ــ النضوح نتيجة الضغط العالي للبخار .

High-pressure Steam Leakage

الضغط العالي للبخار بسبب نضوح في ســــطح الحشوة أو بين الانبوب والقشرة ينتج عن تعريـــة الســطح بســرعة .

التلــف الميكانيكي Mechanical deterioration

أ ــ التشققات Cracks

توجد عدة أسباب لحدوث التشققات في قشـــرة المبادلة ؛ عيب اللحام ؛ الجهد غير المزال والمركــز

في المناطق المجاورة للحام • وجهود تتولد بالنصب والتذبذبات اثناء التشغيل ، مع هذا فان التشققات في القشرة قليلة جدا •

ب — أرتخاء الانابيب Loosening of Tubes

يحدث الارتخاء في المناطق الموسعة ويحدث من جراء دخول مادة جارية حارة الى مبادلة باردة، وكذلك بالتذبذب الموجود في حاملة الانابيب السائبة نتيجة التمدد والتقلص •

جـ — التلف نتيجة التنظيف Cleaning damage

عند أستعمال انبوب دوار لتنظيف الانبوب من الداخل يقل سمكه أو ينحني أو يتوسع أكثر ، واذا أستعملت القاشطة للسطح الخارجي قد يتلف أيضا وعندما نستعمل الرمل قد يفقد المعدن من سمكه •

د — انبعاج الانابيب Collapse of Tubes

تنبعج الانابيب رقيقة الجدار نتيجة فرق الضغط الحادث للمادة الداخلة للانبوب والخارجة منه وكذلك عند الفحص بالماء للانبوب الذي ينضح وخاصة عند استعمال ضغط في داخل القشرة (خارج الانبوب)•

هـ — أعوجاج الانابيب Buckling of Tubes

ويتم بسبب أنحناء الحزمة في القشرة حيث أن زيادة درجة الحرارة بصورة مفاجئة تسبب التمدد والتقلص •

و — الاهتزازات

وهذا يتم بسبب دوران المحرك مثل المضخة والتوربين ، السرعة العالية أو ضربات البخار للانابيب • وهذا يسبب التشققات التي تتواجد بين الركائز وعلى بعد بعض الانجات في صفيحة الانابيب وتوجد علامات أخرى هي القشط على السطح الخارجي للانبوب او تنقر بين ركائز الانابيب •

ز — تحدث أشكال أخرى للتلف مثل التاكل الموضعي Crevice Corrosion واختزال الكاربون Decarburization وتاثير الهيدروجين Hydrogen attack وظاهرة الزحف Creep•

" الفحص الدوري "

١ — العوامل التي تتحكم بالفحص الدوري

يعتمد عدد فحوصات المبادلة على عدة عوامل أهمها معدل التلف وبقاء السمك المسموح للتاكل Cororsion allowance وتختلف المبادلات في فترة فحصها أي أن فترة فحص المسخن تختلف عن فترة فحص المكثف •

وعادة يسجل تاريخ تشغيل المبادلة بعد اتمام الفحص لها ثم تنظيم فترات التفتيش لكل مبادلة • أن التنظيف والصيانة وأنتقال الحرارة الكافي هي عوامل تحدد فترة بقاء المبادلة •

٢ — فرص التفتيش

يحسب زمن تفتيش المبادلة بألزمن المستقطع من زمن التشغيل لكي يتم التنظيف ، وعندما يتوقع أن

الوقت غير كافي توضع مبادلة ثانية وبذلك يتم فتح الاولى للتنظيف وهذا يقلل من العمل خلال فتـــرة التوقـــف •

يتم الفحص الخارجي للمبادلة وهي في التشغيل وهذا يساعد الفاحص بفحص الاجزاء الداخلية فقط في حالة التوقف هذا ويتم مراجعة التقارير السابقة قبل التوقف لحساب معدل التاكل •

أن أنخفاض الضغط يعني وجود أنسداد داخـل الانابيب نتيجة ترسب المادة المتآكلـــة وقلـــة الحرارة المتبادلة تتاثر بوجود مادة مترسبة كثـيرة على الانابيب ولهذا يبقى الفاحص باتصال مـــع مسؤول التشـــغيل • (Operator)

٣ ــ التفتيشـــ المبرمـــج Inspection Schedules

ينظم التفتيش المبرمج خلال لقاء مســتمر بين الفاحص الهندسي والصيانة والتشغيل ويتم تحضير برامج العمل وتوزيعه بين مجاميع التفتيشـــــس • وببذل الجهد لعمل تفتيش مبرمج خلال السنة مـع الابتعاد عن فصول الامطار الكثيرة •

الادوات Tools

الادوات التي تستعمل في التفتيش يجب أن تكون جيدة وجاهزة للعمل • أن الادوات التي تستعمل في التفتيش الاعتيادي قد وضعت في جدول رقم (١) ، أما الادوات التي تستعمل في ظروف معينة مثـــل تاكل غير أعتيادي Unusual Corrosion فقد وضعت في جدول رقم (٢) •

جدول رقم (١) أدوات التفتيش لفحص المبادلة

١ ــ مصـــباح يـــــدوي	Flash Light
٢ ــ مصـــباح مع قابلـــو	Flash Light extension Cabile
٣ ــ قاشـــــطة	Scraper
٤ ــ مســـطرة حديديـــة	Steel rule
٥ ــ جهاز قياس القطر الداخلي	Inside Caliper
٦ ــ جهاز قياس القطر الخارجي ٦ أنج و١٢ أنج و٢٤ أنـــج	Outside Caliper 6 int 12 int 24 in.
٧ ــ مقياس مباشــر	Straighted Calipers 6in
٨ ــ مطرقة الفاحص	Inspector's hammer
٩ ــ المطرقة ذات الرأس الكروي	Ball peen hammer 40z, 80z
١٠ ــ مقياس قطر الانابيب الداخلية	Tube gage (Inside diameter)
١١ ــ مقياس التنقـــــر	Pit depth gage
١٢ ــ فرشـــة ســـلك	Wire brush
١٣ ــ عدســـــة مكبـــرة	Magnifying Glass
١٤ ــ تباشير ملون للتأشير	Marking Crayon
١٥ ــ دفتـــر ملاحظـــــات	Note book
١٦ ــ مقياســـ المفتشـــ	Inspection's Gage (Hook type)
١٧ ــ زاوية حديديـــــة	Straightedge
١٨ ــ مغناطيس صـــغير	Small magnet

Dye : صبغة

جدول رقم (٢) الادوات المستعملة في حالات معينـــة فقـــط

(١) ــ معدات الفحص بواسطة برادة الحديد
Magnet particle Inspection Equipment.

(٢) ــ معدات الفحص بواسطة السوائل النافذة
Dye-penetrant Inspection Equipment.

٣ ــ معدات الفحص بواسطة الاجهـــــزة الكهرومغناطيسية
Electro magnetic Type Inspection Equipment.

٤ ــ معدات الفحص بالاشـــعة
Radiographic Equipment.

٥ ــ معدات الفحص بالثقـــب
Test hole drilling Equipment.

٦ ــ أجهزة قياس السمك بالاشعاع والموجـات الصوتيـــة
Sonic and Radiation type thickness measuring Instrument.

٧ ــ معدات التنظيف بالرمـل Sand-blasting Equipment.

٨ ــ معدات التنظيف الهيدروليكي
Hydroblasting Equipment.

٩ ــ موازين الأسطر الافقية والعمودية
Plumb Lines and levels.

١٠ ــ ناظور الثقوب والانابيب Boro Scope.

" طرق التفتيشــ "

الفحص الخارجي العام خلال التشغيل

يمكن فحص بعض أجزاء المبادلة وهي فـــــي التشغيل مثل السلم والشرفة Plat form وأتصالات الانابيب والطلاء والعازل.والفحص يبدأ من السلم والشرفة من ناحية التاكل او الكسر لبعض الاجزاء ويمكن الفحص بالمطرقة للكسر أما الشقوق تفحص بالقاشطة .

وكذلك المرتكزات Supports والاساســات Foundation فتفحص بالعين وبمساعـــدة القاشطة لكشفها وكذلك يمكن أستعمال المطرقة . وتفحص الشقوق التي يستقر فيها الماء والتي تزيد من سرعة التاكل ، ويتم فحص الصبغ Mastic ايضا والتأكد من سلامته .

وكذلك أتصالات الانابيب الخارجية تفحـــص بالنظر عندما تكون الوحدةفي حالةالتشغيل للاحظة التاكل والنضوج والفطور وخاصة في الفوهــات ، وعندما تتوقف الوحدة يمكن فحص المبادلـــــة بالجسيمات المغناطيسية وبالسوائل النافذة وكذلك يتم فحص التغطيـــة الخارجيـــة مـــن ناحيـــة الصدا والبثرات وملاحظة الصبغ على الشـــقوق والجيوب والحواف الحادة، ان المناطقحول الفوهات تكون مناطق ضعف وذلك لاختلاف درجات الحرارة.

فحص تفصيلي عندما تكون الوحدة متوقفة
Detailed Inspection Procedures-unit out of service.

أن تنظيف سطح المبادلة ضروريفي عملية الفحص فاذا وجد شق على سطح المبادلة فوجب تنظيفـــه بالرمل أو الفرشة أما أذا كان السطح فيه تنقـــر فيجب تحديد المنطقة وتنظيفها بالرمل .

أن مساحات من أنابيب الحزمة تصاب بالتعرية وخاصة المقابلة لفتحة الفوهة الداخلة Inlet

platform

(Impingement Attack)

والتي تصاب بتاكل الارتطدام ، وكذلك المناطق المجاورة للحواجز ولصفيحة الانابيب ، ويحدث

التاكل أيضا في قاع القشرة أذا كان المترسب يحتوي على مادة تزيد من سرعة التاكل ، أن أكثر التاكل يحدث في قاع القشرة وقاع الانابيب وخاصة عند وجود الماء وفي درجات الحرارة العالية .

وكذلك يحدث التاكل عند أتصال معدنين في الجدول الكلفاني مثل تاكل سطح وحشوة القناة المصنوعة من الحديد والقريبة من حاملة الانابيب المصنوعة من النحاس الاصفر .

أن الفوهات والفلنجات يجب فحصها جيدا والمناطق المجاورة لها وذلك لتوقع حدوث تشققات بسبب الاجهادات المتولدة .

فحص القشرة والقناة وغطاء القشرة

قبل البدء بالفحص تتوفر لدى الفاحص القاشطة والمطرقة والضوء الجيد ثم تفحص القشرة وغطائها والقناة بالعين داخلا وخارجا باستعمال القاشطة لازالة ماموجود على المساحات

التي يشك بوجود تنقر أو شقوق أو حفر ويمكن كشف التنقر بواسطة القاشطة ويحدد عمق التنقر بجهاز Pit Gage أما أذا كان التنقر كثير وعميق فيمكن تنظيفه بالرمل .

ومطرقة الفاحص يمكن أستعمالها لفحص المساحات الرقيقة ، ان الخبرة في أستعمال المطرقة مهم جدا : يستطيع الفاحص تحديد نقاط الضعف

بالاصغاء الى الصوت وترددة وملاحظة اثر المطرقة على المعدات. اما اذ توقع الفاحص وجود فطور فيمكن أستعمال السوائل النافذة للشكف عن الفطور أو برادة الحديد مع المجال المغناطيسي . ويتم فحص الحشوة جيدا الموجودة على فوهات القشرة والقناةوغطاء القشرةوكذلكالفلنجات والتأكد منعرض الحشوة حتى يتم الغلق المحكم ، أن القاشطة

تستعمل لفحص سطوح الحشوة وكذلك الزاوية Straightedge تستعمل لفحص مقعد الحشوة.

ويتم أيضا فحص العيوب مثل الانتفاخ ،الانبعاج وبثرات الهيدروجين Hydrogen blisters وتتواجد بثرات الهيدروجين عند مشاهدة مركبات الحديد والسيانيد Ferri-Ferrocyanide التي يكون لونها ازرق غامق على سطح الحزمة . ويتم فحص خط اللحام الموجود على القشرة وقد تحدث شقوق في المناطق القريبة من خط اللحام ويتم فحصها ببرادة الحديد والمغناطيس .

وتفحص القشرة من الداخل في المناطق المقابلة لفوهات الدخول والحواجز لحدوث التعرية من جراء سرعة المادة الجارية ، ويتم معرفة المناطق التي أصابها التعرية وذلك بتوجيهالضوء الموازي للسطح.

وعندما تصنع المبادلة من الحديد الصب الرمادي

Gray Cast Iron فان نوع التاكل الذي يحدث هو التآكل الكرافيتي وهذا مايحدث للقنوات التي فيها ماء أو على طول القشرة التي يتجمع بها الماء .

وكذلك فأن فوهات القشرة تفحص من الداخـل من ناحية التاكل والفطور ويتم الفحص بالقاشطة والضوء اما السمك فيقاس بالاجهزة فـوق الصوتية وكذلك الانابيب الصغيرة تفحص من ناحية التاكل والتعرية والفطـــور •

فحص الحـزم (Tube Bundle Test)

اول خطوة في فحص الحزمة هو الفحص بالعين عند سحبها من القشرة مع ملاحظة لون ونوع وكمية ومواقع القشور والترسب ، وهذا يساعد لتحديـد مشاكل التآكل • ان القشور الثقيلة المتجمعة علـى انابيب الحديد قد تؤدي الى تآكل عام للحزمة وانقلة القشور او الترسبات على الانابيب المقابلة لفوهات الدخول Inlet تؤشر على وجود تعرية •

القشور الخضراء المترسبة على انابيب النحاس Copper تعتبر مؤشر على ان الانابيب متآكلة فالمفتش صاحب الخبرة يستطيع تحديد المشـاكل والاسـباب ••

الفاحص يستعمل القاشطة لفحص المناطـق الواقعة بعد صفيحة الانابيب والحواجز لان هـذه المناطق لاتنظف جيـدا •

تستعمل مطرقة وزن (٤ــ٨) اونس ذات النهاية الكروية لفحص الانابيب وتحديد المناطق الخفيفة •

يمكن فحص الانبوب من الداخل بواسـطة مصباح يمتد داخل الانبوب وذلك لكشف النقر وخفة السمك•اذا تطلب فحص دقيـق للانابيب يمكـن استعمال المعدات الالكترومغناطيسية والعدسـة المكبرة عند وجود قطر صغير بعد تنظيف المنطقـة جيدا• انقص احد الانابيبيساعد على تحديد فترة بقاء المبادلة وحالتها وعندما يتم تبديل انابيب حزمة فيفضل فحصها والاستفادة من العيوب مستقبلا •

ويتم فحص الحواجز والرباطات (Tie rods) وصفائح الانابيب وغطاء الـرأس العائـم ويتـم الفحص بالعين من ناحية التآكل واي تشـويهات اخرى وكذلك يفحص سطح الحشوات لمشـاهدة اي حفرة او تآكل • (Gasket Face)

ان تشويه صفائح الانابيب هو نتيجة التوسيع الكثير Over Rolling ، التوسيع غير الملائم • للانابيب التمدد الحراري ، او النقل الخشـن Rough hnadling • يقاس السـمك لاجـزاء المبادلة بالاجهزة فوق الصوتية وتسـجل وعـادة يحتفظ بالسمك الحقيقي Original وكذلـك السمك في كل توقف • (Orig. + Recorded)

ان بعض الاجزاء يتم فحصها بدون قيـاس السمك مثل الرباطات والحواجز وتقدر حالتهـا بواسطة الفحص بالعين •

فحص الملفات وقشرة المبادلـة ذات الانبوب المزدوج

Inspection of coils and Double-pipe Exchanger Shell

ان المبادلات نوع الصفائح الممتدة حديثـة الصنع في المصافي النفطية • يتم تصميم هذه المبادلة من صفائح متقاربة تؤدي الى تكوين ممر ضـيق بين الصفائح وهذا يؤدي الى عدم الوصول الـى

الداخل في حالة الفحص بالعين ولذلك يتم صنعها من سبائك مقاومة للتآكل •

ويفحص السطح الخارجي من ناحية الحزات Nicks او القطع او الاخاديد Gouges او اي نوع من التلف الميكانيكي او انتفاخ bulging نتيجة عيب داخلي ويتم الفحص بوجود ضوء جيد وهذا مهم في حالة الفحص بالماء والصابون •

يقاس السمك بالاجهزة فوق الصوتية ويسجل علما ان استعمال الثقب والقياس بـ hook Gage يسبب تلف المبادلة في تلك النقطة • ان لحام السبائك المستعملة في الوحدة مثل الالمنيوم والفولاذ المقاوم للصدأ يحتاج الى مهارة وهذه غير متوفرة في المصافي الصغيرة •

الضرب الخفيف بمطرقة الفاحص (١٨ أونس) مهم عند البحث عن شق او كسر في المنطقة المكشوفة ان صوت المطرقة يعطي اشارة لحالتها ، ان صوت الضربة في الصفيحة المفطورة يكون خفيف Thinny والذي يمكن معرفته بالخبرة •

فحص الاجزاء الثانوية

Inspection of Auxilary Equipment

ويتم فحصها بالعين من ناحية التآكل والكسور • تستعمل القاشطة لحفر وقشط الصدأ والقشور • تفحص بالمطرقة اجزاء الصمام والمقياس Gage المصنوع من الفولاذ •

اما الاجزاء المصنوعة من الحديد الصب فانها لاتفحص بالمطرقة • يقاس السمك بالاجهزة فوق الصوتية اما الاجزاء المصنوعة من الحديد المصبوغ فيتم القياس بالـ Calipers

الاختبـار

بعد انتهاء فحص النضوحات والتصليحات . يتم الاختبار بتسليط ضغط وهذا يعني ملء الوعاء بالسائل او الهواء وبضغط معين وهذا يتم طبقا للـ Construction Code وعندما تعزل المبادلة من التشغيل ، يتم لها اختبار قبل كشفها اما عن طريق الانابيب او عن طريق القشرة • ويتم معرفة النضوح بملاحظة نقطة خروج المادة drain point مثل الفوهة السفلى المعزولة ، وعندما تنضح المبادلة تكشف ويعاد الاختبار مرة ثانية • مثلا عندما يختبر رأس عائم باستعمال ضغط داخل الانابيب يرفع غطاء القشرة وبذلك يتم تحديد النضوح في الحشوة او الانابيب الموسعة في الرأس العائم •

عادة الاختبار لايميز الانبوب الناضح عندما تكون الحزمة في القشرة ••

ان المبادلات التي لاتستعمل الرأس العائم صنعت بحيث يتم الاختبار بالضغط عن طريق القشرة ثم يشخص كل انبوب فيه نضوح ثم يتم غلقه بمادة صلبة ومشابهة لمعدن الانبوب وتكون ذات نهاية مدببة • (Plugs)

وكذلك الانابيب التي تنضح يمكن تشخيصها وتعاد عملية التوسيع اذا كان السبب من التوسيع • -rolling

* ان فحص النضوح في كل توقف مهم وضروري خاصة وعند الوصول الى نسبة ١٠٪ من الغلق من مجموع الانابيب للمبادلة • عند تبديل الانابيب

يستعمل الاختبار لتأشير نضوح الانابيب الموسعة. على كل حال يتم الاختبار النهائي بالضغط داخل القشرة وداخل الانابيب ولكل مبادلة على انفراد .

عند الفحص بالضغط ، تفحص بالعين السطح الخارجي ، التوسيع والحشوات . ويمكن تحديد التشويه والنضوح بالاختبار بالضغط . الاختبار بالغاز مهم في فحص المبادلات ذات الصفائح الممتدة والضغط المستعمل عند الفحص يعتمد على ضغط التصميم وضغط التشغيل . هذه الضغوط تحسب موضعيا لكل مبادلة .

قبل استعمال الضغط داخل القشرة ، يتاكد الفاحص من سمك جدار الحزمة ومدى مقاومته للضغط . وكذلك يجب الحذر لتجنب التلف من جراء التمدد الحراري للسائل المستعمل في الضغط المائي.

عند القيام بالفحص المائي او الغازي يجب ابعاد اي شخص ليس له علاقة بالفحص .

حدود السمك Limits of thickness

ان حدود السمك التي يسمح بها يجب ان تكون معلومة ، يوجد عاملين مهمين في هذه المشكلة :ـــ

١ ـــ السمك التقاعدي Retiring thickness

٢ ـــ معدل التلف

هناك عدة متغيرات تؤثر على اقل سمك مثل الحجم والشكل والمعدن ومن الافضل عمل بعض الجداول لتسجيل مثل هذه المعلومات . عندما يسبب التآكل والتعرية تلف ، فان معدل الفقدان من المعدن يمكن معرفته بالمقارنة بتسجيلات التفتيش المتعاقبة. بعض الاحيان مخطط المبادلة يوضح هذه المعلومات ويحفظ مع التقارير .

ان امكانية تحديد الزمن الذي تصل فيه المبادلة الى السمك التقاعدي يعتمد على التبديل والتصليح المبرمج ، هذا وان اكثر المبادلات تكون ذات سمك يتحمل ضغط التشغيل الداخلي ، هذه الزيادة في السمك نتيجة لاحد العوامل التالية :ـــ

١ ـــ زيادة متعمدة في السمك المصمم مثل Corrosion allowance

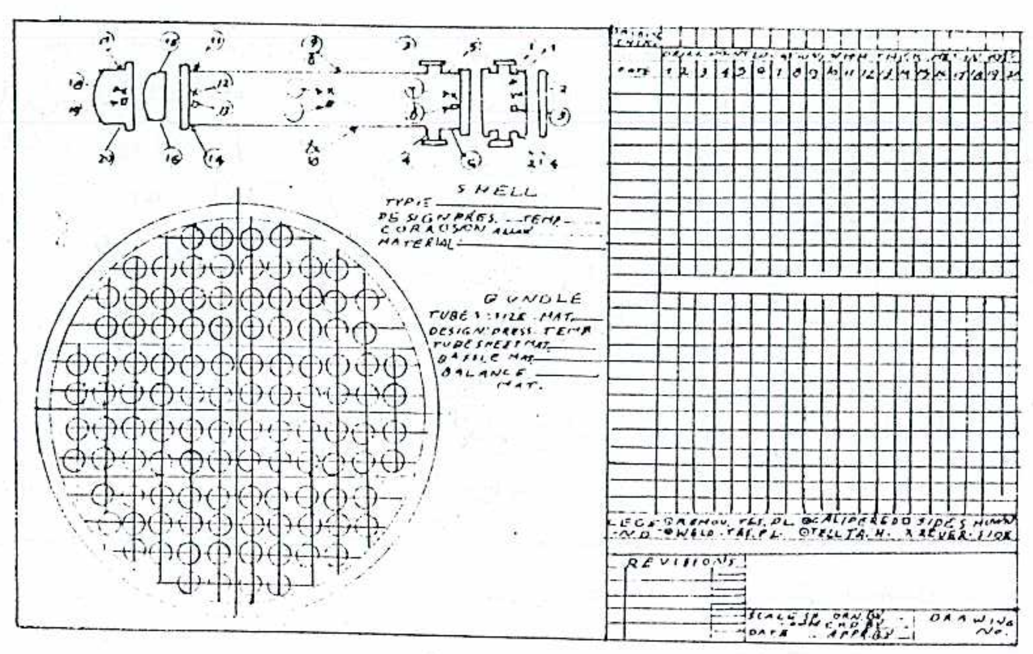
٢ ـــ استعمال السمك الاعتيادي Normal بدلا من القيمة المحسوبة .

٣ ـــ وجود اقل قيمة لاغراض الانشاء

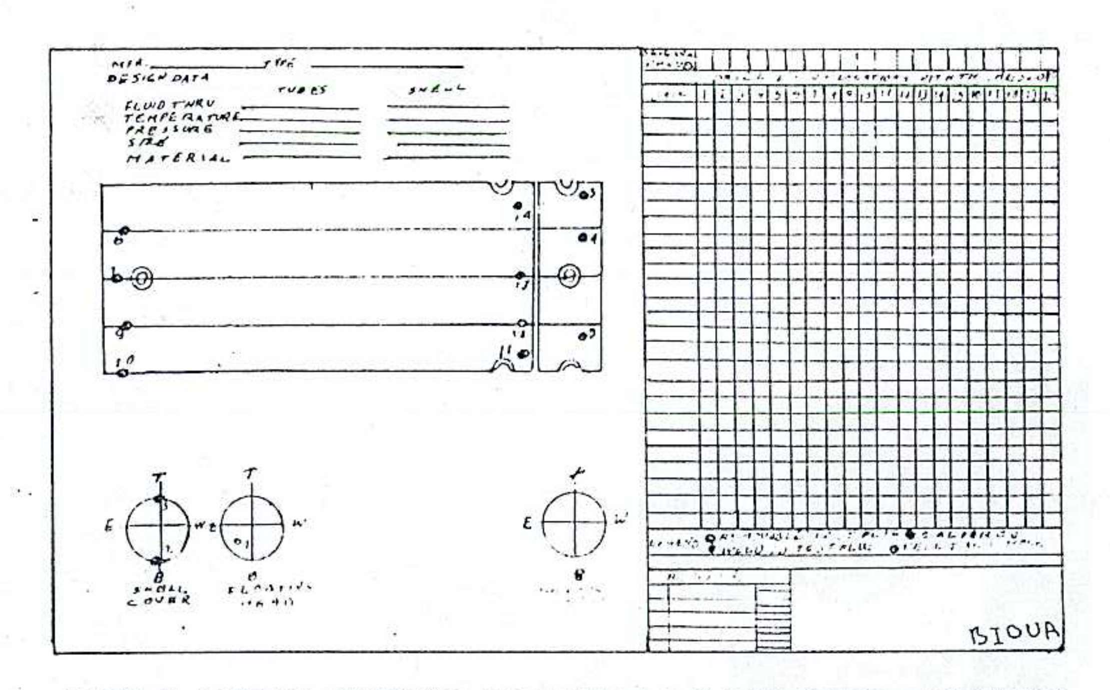
٤ ـــ التغير الحادث في تشغيل المبادلة بتقليل في ضغط فتح صمام الامان او درجة حرارة المعدن او الاثنين معا ان هذه الزيادة في السمك وبمعرفة معدل التآكل نستطيع معرفة زمن التبديل او التغير .

ان الاجزاء الداخلية مثل الحزم لاتؤدي الى خطورة في حالة العطب ولكن الاجزاء الخارجية مثل القشرة وغطائها تسبب خطورة في حالة العطب مثل التشققات .

ان انابيب الحزمة التي تنضح يمكن غلقها اما القشرة فيعمل لها تبطين Lining ولاتوجد طريقة رياضية لحساب اقل سمك للتبطين .



TUBE SHEET SKETCH



FIELD SHEET SHOWING PERTINENT DATA NECESSERY FOR THROUGH INSPECTION

شكل رقم (١٤٦)

ثالثا :ـــ طريقة فحص المراجل
البخارية والاجهزة المساعدة
Boilers (Steam Generator)
اعداد المهندس /
علي احمد مصطفى حماد

تستعمل المراجل البخارية في مصافي النفط لانتاج البخار والذي يستعمل لاغراض اهمها مايلي:

١ ـــ كوسط لتوليد الطاقة كما في المحركات والتربينات وغير ذلك •

٢ ـــ كعامل مساعد لبعض العمليات الكيمياوية في تصفية النفط •

٣ ـــ كمصدر حراري لاتمام عملية التبادل الحراري او التسخين •

٤ ـــ كوسط مناسب لعمليات التنظيف والقشط للاوعية من الداخل • (Flushing with steam)

ويستعمل البخار في المصافي باوجهه المتعددة سواء البخار الرطب او المشبع او المحمص •

كما يستخدم بضغط عالي او واطيء •

انواع المراجل :

يقصد بالمرجل Fired Boiler ذلك النوع الذي يحتوي على غرفة احتراق يشتعل فيها اي نوع من الوقود وتستخدم الحرارة الناتجة في غرفة الاحتراق لتحويل الماء الى بخار داخل المرجل ويمكن تقسيم المراجل الى نوعين رئيسيين هما

مرجل ذو انابيب تدخلها النار Fire-tube

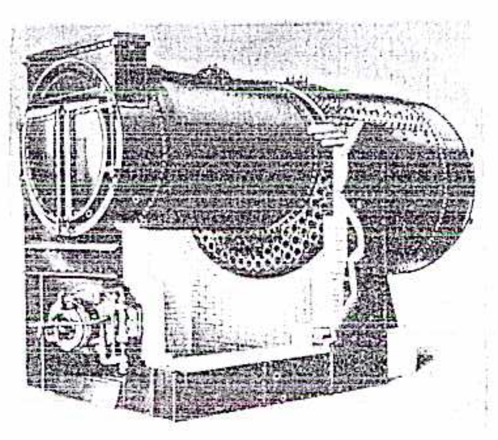
ومرجل ذو انابيب يدخلها الماء Water-tube

والنوع الاول Fire-tube يتكون اساسا من وعاء اسطواني الشكل وعلى نهايته يوجد ـــ لوح مجمع الانابيب Tube Sheet والذي يثبت او يمسك بانابيب النار Fire tube وفي هذه الحالة يكون الماء بداخل الوعاء الاسطواني وملامس لانابيب النار من الخارج ـــ في حين ان غرفة الاحتراق المتصلة بالمرجل تصمم بحيث تمر نواتج الاحتراق والغازات Fule Gases داخل انابيب النار حيث يتم التبادل الحراري ويتبخر الماء داخل الوعاء •

وغرفة الاحتراق قد تكون مبطنة بالطابوق الناري وتقع على احد نهايتي الوعاء الاسطواني او ان تكون غرفة حديدية بداخل الوعاء الاسطواني ومحاطة بالماء فيما عدا جهة واحدة وعليه يسمى النوع الاول ذو اشتعال خارجي Externally fired والنوع الثاني ذو اشتعال داخلي Internally fired وفيما يلي بعض التصاميم الرئيسية للمراجل من نوع Fire-tube Boilers

١ ـــ الانابيب الافقية الراجعة

The horizontal return Tubular



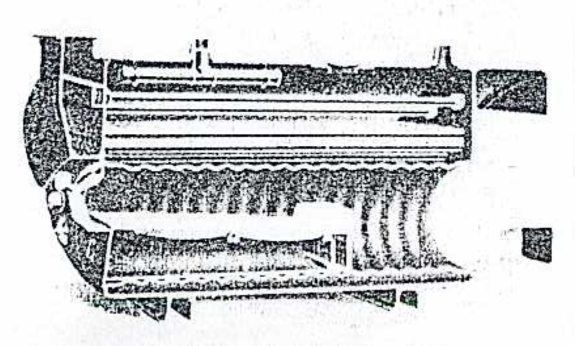
Typical Horizontal Return-Tubular Boiler.

شكل رقم ـــ١٤٧ـــ

٢ ــ الاسكوتلندي البحري

The Scotch marine

كما في الشكل رقم ــ١٤٨ــ •



Typical Scotch Marine Boiler.

شكل رقم ــ١٤٨ــ

٣ ــ مرجل القاطرة The Locomotive Fire box

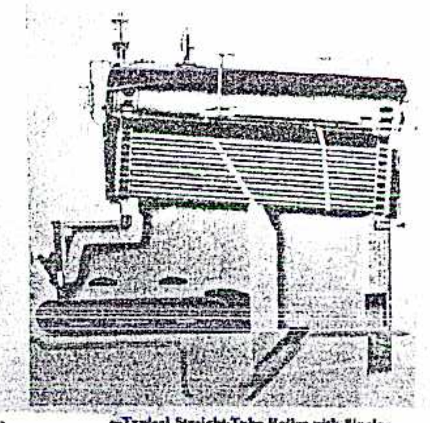
٤ ــ ذو الانابيب الراسية The vertical Tubular

المراجل السابقة نادرا ماتصنع لقدرات اكبر من ٢٠٠٠٠ رطل بخار / ساعة ولضغط اكبر من ٢٠٠ رطل / بوصة المربعة والنوعين الاخيرين لاتستعمل في المصافي الحديثة غير ان النوع الاول شائع الاستعمال في المصافي القديمة • اما المراجل من نوع انابيب الماء فتتكون من وعاء او اكثر (غالبا من اثنين الى اربعة) وانابيب خارجية تتكون من صف Bank او اكثر ترتبط بنهايتي الوعاء الواحد او ترتبط بين الاوعية اذا كان بالمرجل اكثر من وعاء . وفي هذا النوع من المراجل يكون الماء بداخل الاوعية والانابيب . ودائما يحترق الوقود في غرفة خارجية مصممة بحيث تلامس الحرارة والغازات Fule Gase السطح الخارجي للانابيب لتسخين الماء بداخلها وقد تقسم انابيب الماء الى تقسيم اخر مثل مرجل ذو انابيب مستقيمة Straight tube او ذو انابيب مثنية والشكل رقم (١٤٩) يوضح مرجل ذو وعاء واحد وانابيب مستقيمة والشكل رقم (١٥٠) يمثل نفس النوع ولكن الوعاء متعامد مع الانابيب •

والشكل رقم (١٥١) يمثل نفس النوع من الانابيب المستقيمة ولكن ذو وعائين متجاورين والانابيب متصلة ببعضها رؤوس Headers من جهة ومن الجهة الاخرى متصلة بالاوعية •

أما المراجل من نوع الانابيب المثنية bent-tube ففي الغالب تظهر بتصميمات واشكال متعددة وغالبا ماتاخذ أشكال النوع الاول Straight tube ولكنها دائما تحتوي على أكثر من وعاء وتتصل الانابيب بالاوعية مباشرة • وهذا النوع من المراجل يكون ذو سحب متوازن او ذو اشتغال تحت ضغط وجعل الانابيب المثنية تسمح بدخول الانابيب الى الوعاء قطريا (في أتجاه مركز دائرة الوعاء) مما يسهل عملية تثبيت الانابيب بواسطة Rolling ويسمح بالتمدد والانكماش والمرونة في التصميم •

والاشكال ١٥٢ . ١٥٣ . ١٥٤ . ١٥٥ . توضح التصاميم النمطية لهذا النوع •

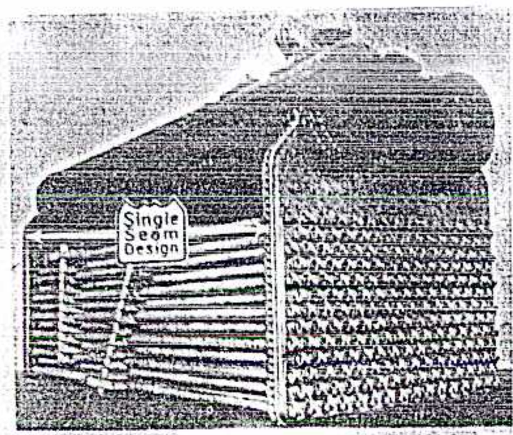


—Typical Straight-Tube Boiler with Single Longitudinal Drum.

شكل رقم (١٤٩)

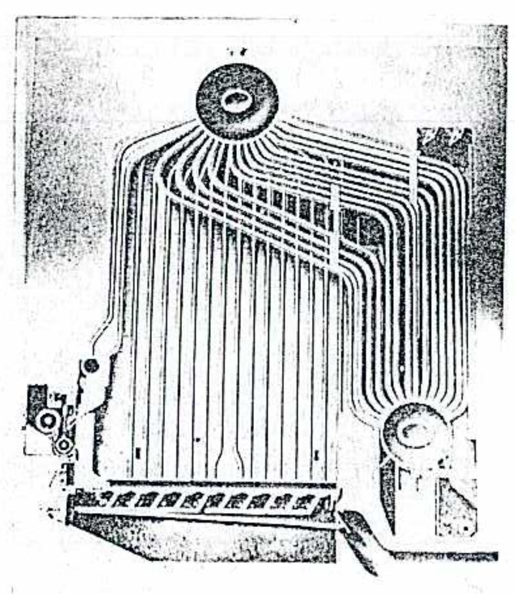
—Typical Straight-Tube Boiler with Cross Drum.

شكل رقم (١٥٠)

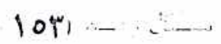


Typical Straight-Tube Boiler with Two Longitudinal Drums.

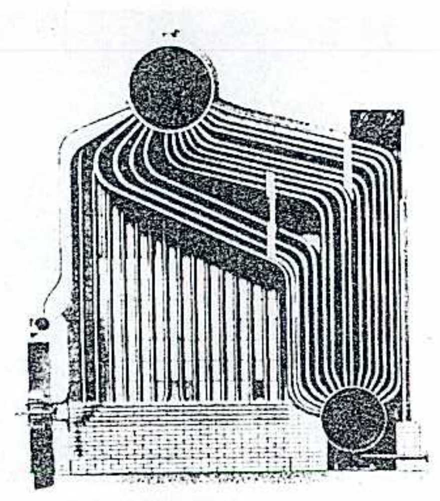
شكل رقم (١٥١)



—Typical Two-Drum Bent-Tube Boiler with Water Cooled Combustion Chamber and Spreader-Type Stoker.

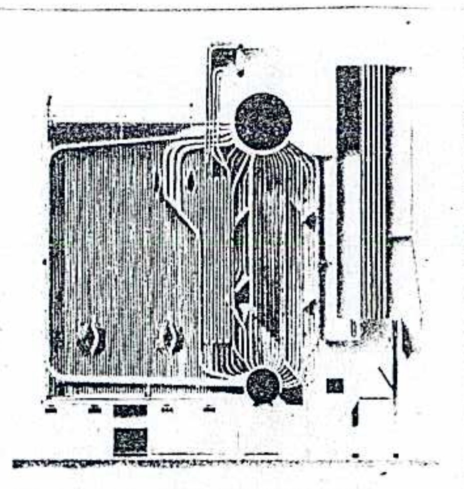


شكل رقم (١٥٣)



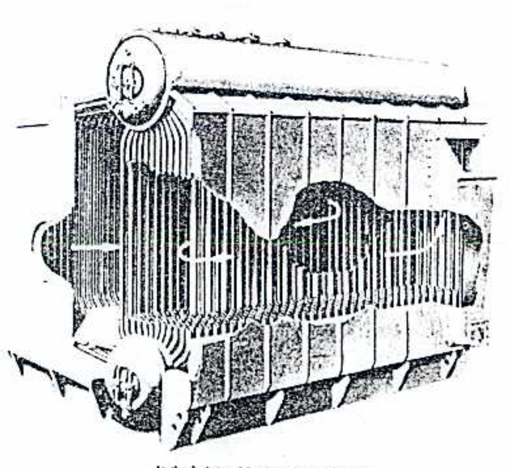
-Typical Vertical Water Tube Boiler, Oil or Gas Fired.

شكل رقم (١٥٢)



--Typical Bent-Tube Boiler.

شكل رقم (١٥٥)

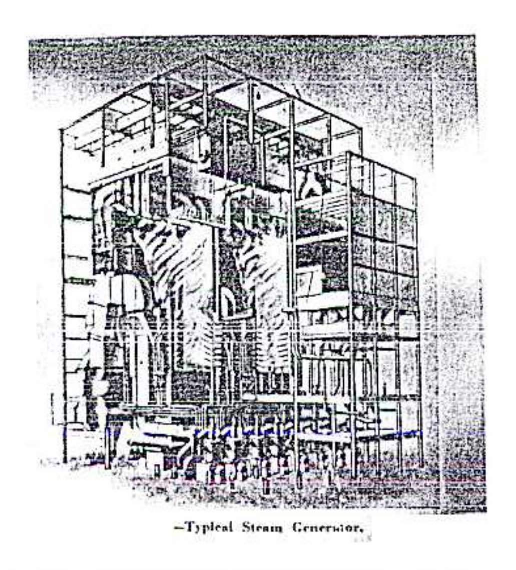


Another Variation of Two-Drum Bent-Tube Boiler.

شكل رقم (١٥٤)

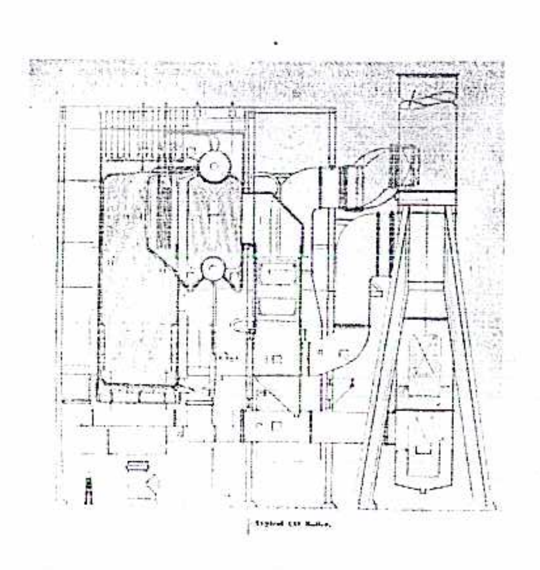


والمراجل من نوع انابيب الماء غالبا ماتستعمل لانتاج كميات كبيرة من البخار وايضا لضغوط ودرجات حرارة عالية فيصل أنتاج هذا النوع لحد ٤٫٠٠٠٫٠٠٠ رطل بخار — ساعة ولضغط حتى ٥٫٠٠٠ رطل / بوصة مربعة ولدرجات حرارة في حدود ١٢٠٠°ف وشكل رقم (١٥٦) يوضح مرجل نمطي من هذا النوع ويحتوي محمص البخار Super heater والموفر Economizer ومسخن الهواء Air preheater والشكل رقم (١٥٧) يوضح تصميم نمطي أخر. والمسمى Co Boiler.



–Typical Steam Generator.

شكل رقم (١٥٦)



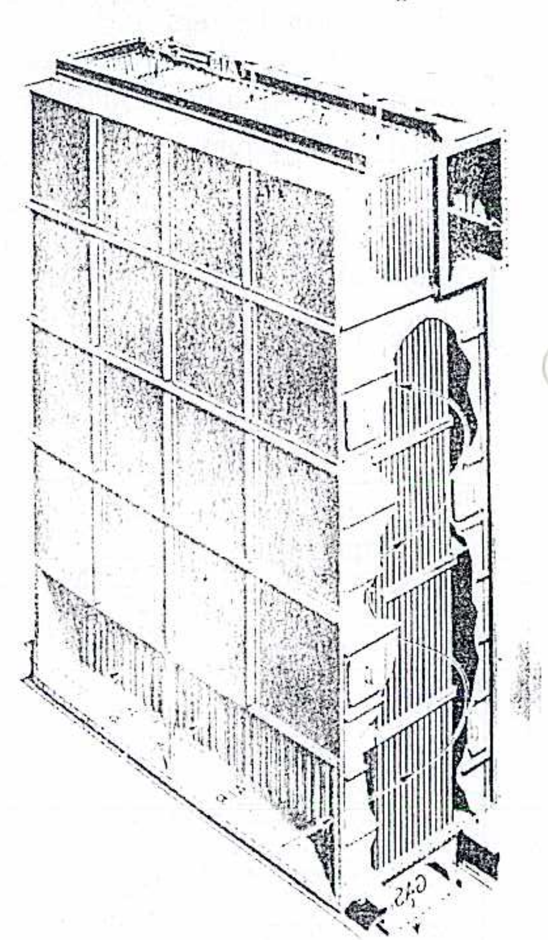
Typical CO Boiler.

شكل رقم (١٥٧)

الموفـــر ومسخن الهـواء

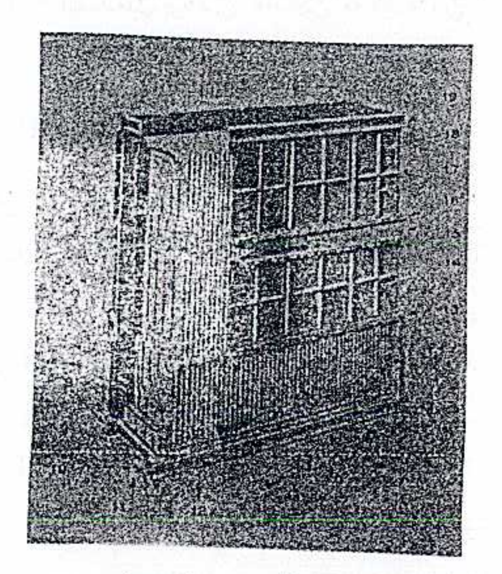
الموفر ومسخن الهواء عبارة عن مبادلات حرارية تستخدم كأجهـزة اضافية في بعـض التصــاميم لغـرض توفير بعض الحــرارة المفقـــودة مــن الغازات الصاعدة الى المدخنة .

والموفر عادة يتكون من مجموعة من الانابيب موضوعة في طريق غازات الاحتراق الخارجـــة مباشرة من المرجل وعن طريق هذه الانابيب يدفـع الماء البارد والداخل الى المرجل فيكتسب بعضـــ الحرارة المفقودة وبنفس الاسلوب تقريبا يتكـون مسخن الهواء ولكن فائدته هو تسخين الهواء الداخل الى غرفة الاحتراق والاشكال ١٥٨ ، ١٥٩ ، ١٦٠ توضح بعض انواع مسخنات الهواء .

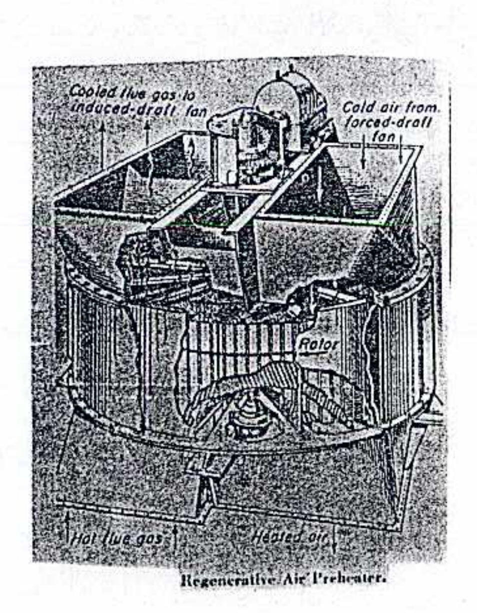


Tubular Air Preheater (Recuperative Type).

شـــكل رقـــم (١٥٨)



شـــكل رقـــم (١٥٩)



Regenerative Air Preheater.

شـــكل رقـــم (١٦٠)

واستعمال مسخنات الهواء Air preheater تساعد بشكل واضح عند أستعمال أنواع الوقــود المنخفضة الدرجة وينبغي أن يكون في الحسبان أن أستعمال الوفر ومسخن الهواء يعتمــد علـــــى أقتصادية التشغيل ومدى مايمكن توفيره من الوقود ولايشترط وجود هذه الاجهزة في كل مرجل •

المحمصـــــــ Super heater

وهو عبارة عن صف من الانابيب الداخلة فــي مجموعة أنابيب المرجل يدخلها البخار (الناتج من التبادل الحراري بين الماء وغازات الاحتراق فــي أنابيب أخــرى) ليتم تبادل حراري مرة ثانية بين البخار وغازات الاحتراق لرفع درجة الحـــــرارة وجعل البخار محمص Super heat، وقد يكون تصميم المحمص بحيث يتم التبادل الحــــراري بالاشعاع أو الحمل أو بالاثنين معا حسب تصميم وضع الانابيب ومجرى غازات الاحتراق •والبخار المحمص أكثر فائدة وكفاءة في حالة أستعماله لتوليد الطاقة خاصة باستعمال التربينات الغازية التـــــي تحتاج الى بخار ذو ضغط وسرعة عاليتين • كما قد تكون الحاجة ملحة لاستعمال البخار المحمص فــي بعض عمليات التشغيل للحصول على درجة الحرارة المناسبة لاتمام التفاعل التشغيلي •

الاجهــزة المساعــدة Auxiliaries

هناك بعض الاجهزة المساعدة والهامة والتــــي يحتاج اليها المرجل البخاري مثل :- —

١ ـــ معدات مناولة الوقـــود •
٢ ـــ مشاعـــل الوقـــــود Fuel burners
٣ ـــ اجهزة تحكم الاشتعال Combustion Controls•
٤ ـــ مراوح ضـــغط الهواء Forced-draft fans
٥ ـــ مراوح ســـحب الهواء Induced-draft fans
٦ ـــ سخانات الماء الداخـــل Feed water heaters
٧ ـــ معدات معاملة الماء وطـــرد الهواء المذاب Feed water-treating and Dearating Equip
٨ ـــ مضخات تغذيـــة الماء Feed water pumps
٩ ـــ معدات تصريف الماء الزائـــد Boiler water Blowing Equipment•
١٠ ـــ نافخات الدخـــان Soot blowers
١١ ـــ مجمع الاتربـــة Dust Collectors
١٢ ـــ منشات ممر الغازات الملتهبة Flue-Gas duct work
١٣ ـــ المداخـــــن Stacks or chimneys
١٤ ـــ معدات مناولة الرمـــاد Ash-handling Equipment.
١٥ ـــ صمامات الامـــان Safety Valves
١٦ ـــ أجهزة القياس والتحكم Instrument and Controls.

نظـــم فحص المراجــــل Code Inspection.

تتضمن القوانين الداخلية لاي دولة أسس التصنيع والفحص للمراجل البخارية بغية المحافظة علــــى سلامة وأمن العاملين والثروة القومية وكمثال على ذلك فقد تنص قوانين الدولة على أتباع نظـــــم الجمعية الامريكية للمهندسين الميكانيكين في تصنيع المراجـــل ASME power Boiler code وجميع القوانين تنص على وضع بيانات التصـــنيع سواء بطبعها على الوعاء مباشرة أو على لوحـــة

منفصلة تثبت عليه لتوضيح اسس وقواعد التصنيع وغالبا ماتحتوي على البيانات التالية — —

١ — النظم المتبعة في بناء المرجل مثل
ASME DIN B.S

٢ — أسم الصانع للمرجـــل

٣ — رقم تسلسل الانتاج للمرجـــل

٤ — ضغط التشغيل الاعلى المسموح به

٥ — ساحة أسطح التسخين للمرجل

٦ — ســــنة الصـــــنع

وهذه اللوحة في غاية الاهميـــة لانهـــــا تتيح الفاحص المعلومات الاساسية عن تصـــنيع المرجل وايضا تتيح له الاتصال بالصانع او بشركة التأمين للحصول على مستندات التصنيع الاوليـة أذا تطلب الامـر ذلـك •

أغراض الفحص ومسببات التلف
Reasons for Inspection and Causes of Deterioration

تفحص المراجل دوريا لغرض التاكد ما أذا كان التلف قد بدا في الظهور أم أن المرجل مازال فـي حالة جيدة وتأتي صلاحية المرجل Reliability في المقام الثانـي بعد الامان Safety خاصة في المعامل الحديثة المعقدة وبصورة أخص في المصافي . فاي توقف أضطراري صغير للبخـار أو القوى المحركة قد ينتج عنه موقف خطير ومعقد لعملية الانتاج والتصفية تستدعى عدة أسابيـع للرجوع الى الحالة الاعتيادية لعملية الانتاج• وفي ضوء حالة المرجل يقرر الفترة القادمة للاشـتغال واعادة الفحص لتلافي مثل هذا الاضطراب • كما ان الفحص المبرمـج يساهم في تقليـل الفقـد الحراري الذي ينعكس بدوره على تكاليف الانتاج ويجعل عملية الصيانة للمرجل أكثر كفاءة في الوقت والجهد والمال من عمليات الصيانة الاضطرارية •

أســـباب التلـف

من أخطر أسباب التلف للمرجل حدوث حرق في معدن الانابيب 'over heating نتيجة تأثـير العزل الحراري بين المعدن والماء لوجود زيـت أو قشور او رواسب من جهة السطح الملامس للمـاء وبسبب أخر ليس أقل خطورة من سابقه ويحـدث عنه الحـرق over heating وهو ملامسة اللهب لاسطح التسخين مما يسبب زيادة في كميات الحرارة المنقولة عن طاقة الماء الحار بالداخل •

وتكون النتيجة في الحالتين تاكسد المعدن وتشوه في الاجزاء العاملة تحت الضغط . وقد تصل الحالة الى الانهيار الكامل وتسرب البخار والماء الى الخارج

وقد يحدث الحرق في بعض الاحيان نتيجة لسـوء التشغيل أو وجود خطا في أتجاه دورة الماء أو وجود انسداد جزئي او كلي في مجرى الماء وهناك نـوع أخر من الانهيار وهو مايسمى بالتبريد المفاجـىء Quenching وخاصة في المراجـل ذات الانابيب الراسية • فقد يحدث في بعض الاحيـان نتيجة لسوء التشغيل أن تصبح الانابيب مملـوءة بالبخار المحمص وفي درجات حرارة عالية ثم ياتى لها ماء بارد بصورة فجائية فيحدث أنكماش فجائي مما ينتج عنه شق ميكروسكوبي في المعدن غالبـا

هايكرو ويسبب الانهيار التام • كما قد تحدث هذه الظاهرة في أنابيب التحميص ويكون التلف بدرجة شديدة أذا ما أشعل المرجل بمعدل عالي من حالة البرودة • ففي هذه الحالة تكون كميات البخار المارة في أنابيب التحميص ليست بالدرجة الكافية لتبريد الانابيب مما ينتج عنه تشوه في الانابيب وتأكسد معدنها ، كما أن عدم أشتغال أجهزة فصل البخار بصورة صحيحة تزيد من كمية الاملاح والترسبات في أنابيب التحميص وتكون النتيجة حرق المعدن أيضا •

وقد تحدث ظاهرة الحرق أيضا في الاجزاء غير المعرضة للضغط مثل الطابوق الناري والغطاء الحراري والمشاعل والمنشأ الحديدي والغلاف الحديدي الخارجي •• الخ وفي الغالب يحدث هذا نتيجة التشغيل بصورة خاطئة ، فمثلا أذا أزيلت طبقة العزل الحراري نتيجة تهدم ميكانيكي — قد يؤثر اللهب في المنشأ الحديدي أو في الغلاف الحديدي الخارجي وتظهر المناطق الحارة Hot Spots والتي أذا تركت تسبب تأكسد المعدن وانهيار الجزء•

وهناك ظاهرة التلف بواسطة التاكل Corrosion فجميع أسطح المرجل الداخلية والخارجية وكذلك الموفر ومسخن الهواء معرضه للتاكل ويعتمد معدل التلف بواسطة التاكل على عوامل عدة منها الماء المستعمل للمرجل ومدى معاملته كيمياويا ونوع الوقود المستعمل والجو الخارجي المحيط بالمرجل• فقد يحدث التاكل بواسطة الغازات الحارة في الجانب المعرض لها من أنابيب الموفر ومسخنات الهواء ، وتعتمد شدة التاكل على كمية الكبريت أو الاحماض في غازات الاحتراق ، وتكون ذات تأثير فعال أذا وصلت درجة حرارتها الى نقطة السيولة اثناء مرورها على هذه الاجهزة في طريقها الى المدخنة •

وقد يحدث التاكل في الانابيب والأوعية في الجانب المعرض الى الماء وتعتمد شدة التاكل على مدى معاملة ماء التغذية كيمياويا قبل الاستعمال•

ويحدث التاكل الخارجي لاجزاء المرجل أذا كان معطل عن العمل لفترة طويلة ، والوقود الحاوي على الكبريت قد يترك السناج والرماد على مناطق عديدة من المرجل التي أذا تركت أثناء توقف المرجل قد تكون مع بخار الماء حوامض كبريتيه شديدة التأثير على تاكل وتلف هذه الاجزاء — كما أن ترك المرجل عاطل لفترة من الزمن في جو دافيء — رطب يعرض أجزاء ومنشات المرجل الى التاكل •

والهشاشة القاعدية Caustic embrittlement لاوعية المراجل تتسبب في نوع خطير من التلف • وهي نوع شاذ وغريب من التاكل يعزى الى وجود الصودا القاعدية بتركيز عالي مع وجود أجهادات عالية في معدن المرجل مما يتسبب في اضعاف المعدن نتيجة حدوث شقوق مجهرية على حدود بلورات المعدن ، ولكن نتيجة للتقدم الحالي في طرق معاملة ماء التغذية وعمليات أزالة الاجهادات بالحرارة فان هذه الحالة أصبحت قليلة الحدوث • وفي بعض

المراجل التي تعمل في درجات حرارة وضغوط مرتفعة فان بعض من جزئيات الماء يتحلل الى الاوكسجين والهايدروجين الحر ، وفي استطاعة الهايدروجين الذري النفاذ خلال المعدن مما يتسبب في هشاشة المعدن وتسمى هذه الحالة التآكل بالهايدروجين المعدن Hydrogen attack

وتكون هذه الحالة مؤثرة على انهيار المعدن اذا زادت درجة الحرارة على ٩٥٠°ف : وفي أجزاء المحمص وبعض الانابيب الاخرى والتي تكون درجة حرارتها اكثر من ٨٥٠°ف قد يحدث انهيار خطير للمعدن في بعض الانواع الصلب وهي ماتسمى Grophitization والتعرية أو التآكل الميكانيكي Erosion قد يلعب دورا هوما في تاكل أجزاء المرجل بسرعة عالية • وفي هذه الحالة يتاكل المعدن أو المادة نتيجة احتكاك ذرات الرماد بسرعة عالية أو تصادم تيار من البخار أو الماء صادر من تسرب في وصلة برشام Riveted Joints أو وصلة تمدد Expanded tube joints وقد تتعرض أنابيب **الماء لهذا** النوع من التلف نتيجة لعدم استقامة نافخ **السناج** Soot blower بصورة تجعل **البخار يعترض** الانابيب بدلا من النفخ فيما بينها **لازالة السناج** ، وقد تزيد حالة التلف بواسطة **التاكل الميكانيكي** اذا كان مرتبط معه تاكل كيمياوي **فمن المعروف** أن عملية التعرية تكون مؤثرة بصورة أكبر على نواتج التاكل اكثر من المعدن نفسه : كما أن السطح النظيف نتيجة التعرية يكون اكثر قابلية للتآكل الكيمياوي من السطح المغطى بنواتج التآكل •

وعندما يترسب الرماد المتخلف عن حرق الوقود على سطح العازل الحراري وفي درجات الحرارة العالية فانه قد يحدث نوع من العامل المساعد والذي يكون نوع من الخبث اللزج ، والعامل المساعدة هنا قد تكون أكاسيد المعادن مثل الفناديوم والمولبدينوم أو الاملاح أو الكبريت ، ولقد سجل على الاقل ثلاثة أنواع من التلف نتيجة لتكون مثل هذا الخبث اللزج وهي = —

١ — أذابة بوجود العامل المساعد Fluxing and melting

٢ — النفاذية Penetration

٣ — تفاعل كيمياوي Chemical action

ويكون التاثير العام لتكون هذا الخبث للتقليل من سمك العازل الحراري والذي بالتالي يقلل من كفاءة العزل الحراري ويسمح بتسرب كميات حرارية عالية للمنشأ الحديدي المرجل اما التلف الميكانيكي الذي يحدث لاجزاء المرجل يكون لعدة أسباب أهمها مايلي = —

١ — تعب المعدن الحراري Thermal fatigue والناشيء من تكرار عمليات التمدد والانكماش بالحرارة •

٢ — زحف المعدن Creep للاجزاء المتعرضة لدرجات حرارة وضغط عاليين وغالبا ماتحدث عندما تكون درجة الحرارة اعلى من ٨٠٠° ف

٣ ـ الاجهادات غير الطبيعية المتكونة نتيجـــة التغير السريع في درجات الحرارة والضغط وخاصة في حالة الاوعية ذات السمك العالي .

٤ ـ الكسر الجهـــدي Stress rupture .

٥ ـ الاستعمال الخاطيء لمعدات التنظيف .

٦ ـ الاستعمال الخاطيء لدرافيل الانابيب tube rollers .

٧ ـ هبوط الاساسات .

٨ ـ التحميل الخارجي الزائد عن الحد من جراء اتصالات الانابيب الخارجية وتأثير الريح والزلازل وما شابه ذلك

٩ ـ استهلاك أو كسر الاجزاء الميكانيكية المتحركة

١٠ ـ انفجار غرفة الاحتراق نتيجة خطأ فـــي التشغيل أو الاشتعال .

١١ ـ عدم استعمال الحشوات Gaskets المناسبة والتي تسمح بتسرب البخار وتتسبب في خدش اسطح الانطباق Seating surface .

تحديد الفترات الدورية لفحص المراجل

كما سبق القول ان في كثير من الدول تحدد وزارة العمل والشؤون الاجتماعية الفترات المناسبة التي يجب فحص المراجل عندها وفي حالة عدم وجـــود مثل هذه القوانين فعلى الفاحص أو شركة التامـين تحديد هذه الفترة حسب حالة المرجل وعمـــره وعمليات معاملة ماء التغذية ونوع الوقود المستعمل، وايضا ترتبط هذه الفترة بالوقت المناسب لايقاف المرجل اذا لم يكن هناك مرجل احتياطي لتوفـــير الطاقة اللازمـــة .

أحتياطات الامان واعداد العمل لعملية الفحص

يجب أخذ أحتياطات الامان قبل الدخول الـــى أوعية المرجل أو صندوق النار . فيجب عزل جميع الانابيب والاتصالات الخارجية بالمرجل مثل أنابيب البخار وماء التغذية ونافخ السناج سواء بفتـــح الخطوط أو وضع أقراص العزل ؛ وأذا كان أكثر من مرجل مرتبط بمدخنة واحـــدة فيجـــب غلـــق Flue-duct damper لمنع دخول الغازات الحارة من المراجل المجاورة ويجب الانتظار حتى تهبـــط درجة الحرارة داخل المرجل الى الدرجة المناسـبة لدخول الاشخاص بامان مع وجود التهوية المناسبة. وعند الدخول الى غرفة الاحتراق يجب أرتـــداء الملابس الواقية التي تحمى الجسم والعيون مـــن المواد الخادشة الموجودة في ترسبات الفـــرن وفي الرماد المتطاير . كما يجب وضع المراهم المناســبة لحماية الاجزاء العارية من الجسم عندما تكـــون مركبات الكبريت موجودة في جو المرجل الداخلي .

الاعداد لعملية الفحـــص = ـ

يجب أعداد المرجل أعدادا جيدا لعملية الفحص، فبعد تبريد المرجل وفتحه تنظف جميـــع أســطح الانابيب والقشرة والجدران وتزال عنهـــا الاتربة والرماد وقد يحتاج الامر الى أستعمال قاشـــطة Scraper أو عدد يدوية لاظهار السطح وفحصه عن قرب وفي بعض الحالات يكون التنظيف بالرمل Sand blasting أمرا ضـــــروريا لعملية الفحص وقد يكون من المناسب جدا للفاحص

أن يلقى نظرة على المرجل قبل عملية التنظيف فبعد عملية أيقاف المرجل وتبريده للدرجة المناسبة تفتح فتحات التصريف للمياه وتفتح البوابات لعملية التهوية اللازمة ، ونظرة فاحصة للمرجل على هذا النحو قد تفيد الفاحص كثيرا في التحليل والاستنتاج وتتم عملية التنظيف المبدئية بواسطة الغسل بتيار ماء جاري للقشرة والانابيب لازالة الطين والقشور السائبة وغير ذلك ، ويراعى أن يكون تدوير الماء من أعلى نقطة ممكنة لحمل المواد الغريبة والترسبات الى فتحات التصريف blow off

طرق الفحص وحدودها

Methods of Inspection and Limits

على مسؤولي فحص المراجل أن يكونوا على معرفة تامة باجزاء المرجل والترتيب العام لها وكذلك تكوين وعمل كل جزء من المرجل المراد فحصه ، والفحص الخارجي العام يمكن أجراءه في أي وقت، وعند فحص المرجل أثناء الاشتغال فانه بالامكان أكتشاف بعض الحالات التي قد تكون من الصعب ملاحظتها عند توقف المعدات ويمكن الحصول على معلومات قيمة ترجح فائدة الفحص أثناء الاشتغال أيضا فان فحص المنشات الخارجية مثل السلالم والممرات وغير ذلك يمكن فحصها أثناء اشتغال المرجل — وبالطبع يكون الفحص بالعين المجردة وملاحظة أي أثار للتاكل من جراء الجو الخارجي ويمكن الاستعانة بالمطرقة والقاشطة للتاكد من ذلك وخاصة مناطق أتصال الالواح بالمساند الجانبية والتي تتاكل من جراء تكون الرطوبة في هذه المناطق وكذلك تكون بعض الاحماض نتيجة الغازات المتصاعدة من المدخنة ، كما وان البراغي تتاكل بسرعة نتيجة لهذه العوامل ويجب فحصها بواسطة الات الربط Wrenches — أيضا يجب فحص اللحامات والتاكد من عدم وجود الشقوق نتيجة الاهتزازات كما يجب ملاحظة عوامل السلامة على الممرات مثل المناطق المتعرجة أو السائبة أو الهاطلة أو العارية أو الناتئة •

الاساسات Foundation

أن فحص الاساسات ذو اهمية بالغة فأن أي هبوط أو أنكسار في الاساسات قد ينتج عنه موقف خطير للاجهزة أو المعدات مثل أنهيار الانابيب وخروج البخار ، ويتم الفحص بملاحظة أماكن التشقق أو أنهيار الخرسانة أو أزالة الصبغ ويمكن استعمال الميزان المائي لقياس مدى الهبوط ، أيضا نلاحظ مدى أستقامة الاتصالات الخارجية من الانابيب وغير ذلك بالنسبة للمرجل حيث تظهر مدى أستقامة وثبات الاساسات ، كما يمكن أستعمال المطرقة لفحص الاساسات فان أنهيار حبيبات الخرسانة بسهولة تحت المطرقة يظهر أماكن التلف في الاساسات •

المنشات الحديدية Boiler Supports

تتكون معظم محطات توليد القوى البخارية من منشات حديدية مجمعة بواسطة البراغي أو البرشام Rivets ويكفي عمل نظام دوري لفحص هذه المنشآت ومدى سلامة اجزاء الرباطات

كما يجب أن لايغيب عن الذهن أحتمال وجـــــود مناطق ذات أحمال عالية Over stressed نتيجة تغيرات أو وضع معدات جديدة ويمكـــــن التعرف على هذه المناطق بملاحظة أماكن الترخيم أو الهطول Excessive deffection أو أزالة الصبغ أو القشور . أما الاماكن المتعرضة للرطوبة وغازات الاحتراق فتتعرض للتآكل ويجب فحصها دوريا بواسطة المطرقة أو باجهزة قياســـن السـمك .

كما أن كثيرا من تصاميم المراجل خاصة الكبيرة منها تكون محملة على قواعد متحركة Sliding feet حتى تسمح بالتحرك اثناء التغيرات الحرارية للمرجل وعدم حدوث أجهادات داخلية أو تشوه في جسـم المرجـل . وعليه يجب أن تكون هذه القواعـــد نظيفة وبها شحم يسمح بالحركة بسهولة وعـــدم وجود أي عوائق كما يجب فحص أستقامة واستواء هـذه القـــواعد .

كما ويوجد في المراجل ذات أنابيب الماء الكبيرة الحجم ، حديثة التصميم أعمدة شد Tension Rods تربط المرجل من الاعلى . ويجب فحص هذه الاعمدة بالطرق الخفيف عليها وسماع الصوت . فأذا كان الصوت واضح (جرسي) يعني ذلك أن العمـود متحمل الحمل المطلوب منه أما أذا كان الصوت غير واضح او كان العمود مرتخيا فمعنى ذلك انــه لايحمـل حمـــلا .

جدران غرفة الاحتـراق Furnace Walls

في العادة تتكون جدران غرفة الاحتراق مـــن الطابوق الحراري لمواجهة النار وخلفه يكون طابوق عزل وبعده طابوق عادي أو قشرة حديدية وتتأثر جدران غرفة الاحتراق حسب شدة النار ونـــوع الوقود المستعمل ومدى أنتظام التشغيل وشدته ، ويجب على الفاحص ملاحظة تكون الشقوق فـي الطابوق الحراري نتيجة لعمليات التمدد والانكسار ويمكن الاستعانة بسكين رفيع أو قاشطة لقياس عمق الشق ، كما يمكن ملاحظة أماكن التشقق من الخارج اثناء التشغيل ، بملاحظة الاماكن الحارة hot spots أو أماكن أزالة الصبغ أو تغير لونه أو أحمراره كما يجب ملاحظة أماكن الفتحات والابواب حيث تتأثر هذه الاماكن بسرعة . كما أن القشرة الحديدية قد تتعرض الى التآكل نتيجة تسرب الغازات ووجود رطوبة أو أثناء الغسل بالحامض .

أتصالات الانابيب الخارجية

هناك عدد من الانابيب الخارجية المتصلة مـــن حول المرجل وتمثل أتصالات حيوية لتشغيل المرجل. وسلامة هذه الانابيب والاتصالات ذات اهميـــة قصوى لسلامة العاملين واستمرار عملية التشغيل للمرجـــل .

وفي الغالب يكفي الفحص البصري لاكتشـــاف اماكن النضوح في الانابيب الخارجية واول مظهـر للنضوح يكون هو تساقط قطرات المياه مـن العازل الحراري ، ولكن يجب الاهتمام بالنضوحات التـي تنشأ في الانابيب ذات الضغط العالي ودرجـــة الحرارة العالية حيث أنها صعبة الملاحظة ، كما أن النضوحات الكبيرة والمتوسطة قد تحدث صوت لدى

تسرب البخار • ثم أن تساقط قطرات من الماء في منطقة ما قد يكون ناتج عن نضوح في منطقة تبعد عدة أقدام ، ومن المعروف أن البخار المحمص لا لون له ويجب على الفاحص اتخاذ الحذر عند الفحص حتى لايصيبه الاذى ويمكن الاستعانة بعمود خشبي طويل بطرفه مجموعة من الخرق البالية والتي تهتز بشدة عند ملامسة البخار لها مع احتمال انضرام النار بها اذا كان البخار شديد الحرارة •

وفي كثير من الاحيان يحدث النضوح في الوصلات بعد أعادة التركيب لوجود حشوات غير مناسبة او وجود مواد غريبة او عدم استواء او استقامة الانابيب أو عدم الربط الجيد للبراغي •

والانابيب غير المفرغة من المياه نتيجة اهمال العاملين او نتيجة سوء التصميم وخاصة في الاماكن السفلية او اماكن تجمع المياه تتعرض لظاهرة الطرق المائي Water hammer وهذه الظاهرة ينتج عنها احمال فجائية كبيرة على الانبوب نفسه وليس غريبا ان يحدث نضوح سريع في هذه المناطق •

النضوحات الخارجية External leaks

يمكن ملاحظة النضوحات الخارجية بالنظر اثناء تشغيل المرجل سواء من الوعاء الرئيسي حول فتحات الدخول او فتحات الايدي او من الاجزاء المساعدة والتي تعمل تحت ضغط ، ويجب اصلاح هذه النضوحات بالسرعة اللازمة حيث ان البخار سريع التعرية Erosion مما قد يتلف سطح الانطباق او يزيد من فتحات النضوح ، وفي كثير من تصاميم المراجل تكون احد نهايتي وعاء المرجل مرئي للعيان ويجب ملاحظة اماكن النضوح حول اماكن الرباطات ، لايجب (اطلاقا) فحص الاجزاء العاملة تحت الضغط بواسطة المطرقة •

الحالة الداخلية لغرفة الاحتراق

يمكن فحص غرفة الاحتراق اثناء التشغيل الخفيف (بدون حمل) من خلال ابواب الملاحظة Observation doors او ثقوب المراقبة peepholes او من خلال الابواب الاضافية Access doors بفتحها فترات صغيرة اثناء الاشتغال وملاحظة وفحص غرفة الاحتراق وفي الحقيقة فان امكانية الفحص بهذه الطريقة يعتمد على نوع وتصميم المرجل كما يلي :-

أ ـ الحالات الشائعة في مراجل انابيب الماء وبعض انواع مراجل انابيب النار

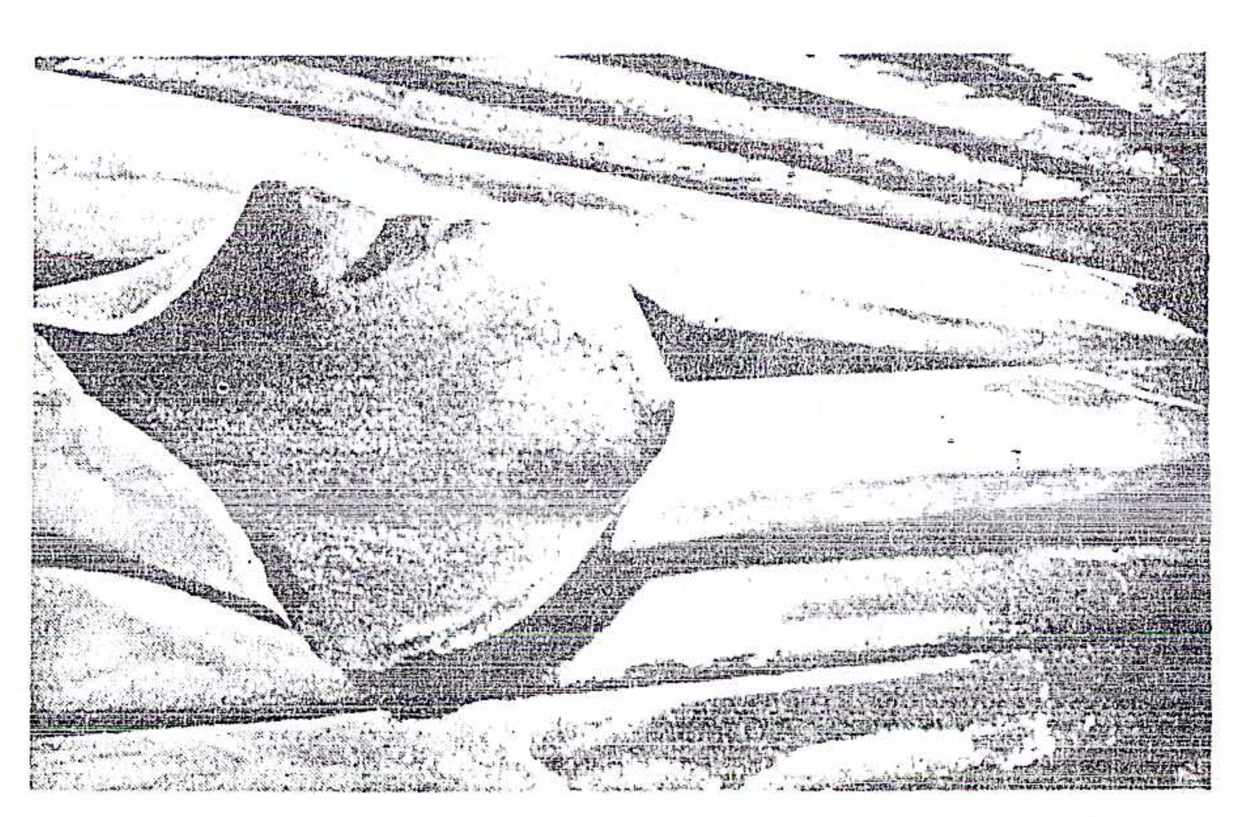
١ ـ يجب فحص الطابوق الحراري لاي اجزاء او مقاطع متساقطة أو اي تعرية واضحة في الجدران الجانبية والخلفية والجدران الوسطية لمجموعة انابيب الماء ، كما يجب ملاحظة حالة الاسقف والحواجز Baffles والانبعاج الى الخارج من الطابوق bulging of refractory ويجب تدوين جميع المعلومات عن العيوب لغرض الفحص المستقبلي الشامل •

٢ ـ يجب فحص مظهر اللهب Flame pattern من حيث الانتظام وعدم الاضطراب unevenness and streaks والتي تدل على الانسداد الجزئي او عدم ضبط المشاعل

او وجود اوساخ بالمشاعل كما يجب ملاحظة انحياز اللهب تجاه الجدران الجانبية أو السقف او مجمع انابيب الماء ، كما تلاحظ المشاعل ذاتها من وجـود عطب بها نتيجة الاحتراق الزائد كأن يكون بهـا شقوق مما يجعل مظهر اللهب ردئ ٠

ب ـ مراجل انابيب الماء Water-tube Boiler

يمكن ملاحظة انابيب الماء من خلال غرفـــة الاحتراق لاكتشاف اي نضوح ـ وقد يكون مـــن الصعب اكتشاف النضوحات الصـــغيرة ولكـــن النضوحات الكبيرة تعطى بعض الظواهر مثـــل أنسياب الماء من أحد الانابيب أو زيادة أضطـراب مظهر اللهب ٠ كما يمكن ملاحظة أنتفاخ الانابيـب والتي عادة تحدث قبل الانهيار وفي هذه الحالـــة يجب أيقاف المرجل وتحاشى الايقاف الاضطراري والشكل الاتي يوضح انهيار أنبوب ـ ـ



Tube in Water-Tube Boiler Which Failed from Overheating.



—Bulge in Bottom of Horizontal Return-Tubular Boiler (Caused by Overheating a Spot Where a Pile of Loose Scale Has Been Deposited on the Inside).

شكل (١٦٢)

جـ — مراجل أنابيب النـــار Fire-tube Boiler

١ — يجب فحص براغي التثبيت لمراجل أنابيب النار stay bolts لاحتمال نضوحها من داخل صندوق النار ، ومن الصعب ملاحظة البخــــار أو رؤيته ولكن يمكن الاستدلال على نضوح البراغي بوجود رواسب حول راسي البراغي أو وجـــــود منطقة باردة Cold spot

٢ — يجب فحص غرفة الاحتراق دوريا لاكتشاف حدوث أنتفاخات أو جيوب هوائية blistered في الواح الفرن أو الواح القشرة الخارجية وفـــــي الحقيقة فان وجود مثل هذه الظواهر يعنى وجـــود تالف كبير ينذر باحتمالات خطيرة ولاجلها يجــــب فحص المرجل دوريا والشكل رقم (١٦٢)يظهر أنتفاخ في قاع مرجل افقي ذو أنابيب راجعة return tubes

٣ ــ في بعض المراجل يمكن ملاحظة نهايات الانابيب فقط ويجب فحص هذه النهايات لاحتمال وجود النضوح حول Rolls ويجب أن تكون الانابيب نظيفة وخالية من تراكم الرماد ، كما يجب فحص لوح مجمع الانابيب tube sheet لاحتمال تشوهه warpage نتيجة الاحتراق والانابيب البارزة عن لوح مجمع الانابيب باكثر من ٣/٨ قد تكون محترقة ٠

٤ ــ أوعية المرجل Boiler drums

جميع الاوعية في أي نوع أو تصميم وسواء مصنعة باللحام والبرشام Riveted فانه يمكن ملاحظة بعض منها من خلال غرفة الاحتراق وتفحص من ناحية وجود شق أو نضوح أو تاكل أو أي أندثار أخر ٠

الاجهزة المساعدة Auxiliary Equip.

أن الفحص الخارجي للمعدات المساعدة أثناء أشتغال المراجل يعتبر من أهم المراحل لفحص هذه الاجهزة ، فمدم الاشتغالبصورة صحيحة والاعراض الاخرى تسجللتكون جاهزة ومساعدة لاغراض الفحص الشامل الداخلي أثناء توقف المعدات وحيث أن هذه المعدات كثيرة ومتعددة وتختلف باختلاف التصميم وحجم المرجل وكذا درجة تعقيده فاننا سوف نهتم فقط بالاجهزة المساعدة الرئيسية والمرتبطة باغلب المراجل.

أ ــ أجهزة الامان Safety devices

١ ــ صمامات الامان: يجب فحص صمامات الامان واختبار ضغط الانفتاح الكلي popping pressure ومدى الانفتاح لتخفيض الضغط blowdown range بين حين واخر أثناء التشغيل الفعلي للمرجل ، ويجب أن تكون منظومة الانابيب لنفخ البخار الزائد والتي تعلو الصمام وكذلك الحوامل المثبته لها ذات تصميم جيد لاتؤثر باي أجهادات على خواص تشغيل الصمام ، وكذلك يجب التأكد من عدم وجود أي حائل يمنع تشغيل الصمام مثل wedges or blocks والتي تستعمل أحيانا لايقاف عمل الصمام ٠

٢ ــ مزلاج الامان الهوائي Safety air Latches

هذه الاجهزة تستعمل مع المراجل والتي تكون غرفة الاحتراق بها ذات ضغط موجب ٠ وتنصب بجانب ثقوب المراقبة peepholes وعند فتح هذه الثقوب لمراقبة النار فان هذه والاجهزة تسمح بضخ هواء داخل غرفة الاحتراق لمعادلة الضغط الداخلي وعدم تسرب الغازات الملتهبة الى الخارج ، وعليه يجب فحص هذه الاجهزة والتاكد من سلامة تشغيلها واداء مهمتها ٠

ب ــ أعمدة الماء والمقاييس الزجاجية

Water columns and gage glasses

يجب فحص أعمدة الماء والمقاييس الزجاجية لاحتمالات النضوح أو الانسداد وأذا لا يمكن أصلاح الانسداد فيجب أيقاف المرجل في الحال وتنظيف الوصلات ٠ كما يجب أن تكون الزجاجة الامامية نظيفة ومستوى الماء مرئي بوضوح ، ويجب أن تكون صمامات دخول وتصريف المياه تعمل بسهولة وايجابية ٠

ج ـ مراوح ضخ وسحب الهواء

Forced and induced-droft fans

تفحص مراوح ضخ الهواء من حيث صلاحيـــة أشتغالها وعدم وجود أهتزاز زائد أو وجود أرتفاع في درجة حرارة المحاور واستقامة اعمدة الادارة ، ومراوح سحب الهواء تتعامل مع الغازات المحترقة وهي غالبا خادشة Corrosive ولذا يجب فحص الغلاف الخارجي لها لاحتمال وجود تآكـل أو تعريـــة ..

د ـ نافخـات الســـناج Soot blowers

يجب فحص السناج سواء العاملة بالبخـار أو الهواء من حيث نضوح أو أعوجاج أو انحناء الوحدة مما يعيق أشتغالها . كما يجب فحص الوحدة أثناء أشتغالها للتاكد من النفخ بصورة صحيحة وفي مجال القوس المرسوم له وان عملية الادخال والسـحب صحيحـة

هـ ـ مجاري الهواء وغازات الاحتـــراق والمدخنة Air and flue-Gas ducts and stacks

تفحص مجاري الهواء وغازات الاحتراق مـن حيث النضوح والابعاج buckling ؛ وقد يحدث الانبعاج الموضعي للمدخنة أثناء الاشتغال اذا تعـرض أحد أوجهها للتبريد المفاجيء نتيجـة هطول الامطار- أما مجاري الغازات الملتهبة فأنهـا تتعرض للتاكل خاصة في المناطق التي تصل درجـة حرارتها الى نقطة التكثيف ونفس الحالة تحدث في مجاري تسخين الهواء ؛ وقد يكون من الصـــعب تحديد مناطق التاكل من الخارج ولكن الفحـــص بواسطة الطرق الخفيف قد يظهر أماكن التاكل ـ يجب تحاشي الفحص بواسطة المطرقة أثنـــاء أشتغال الوحـــدة .

معـــدات التصـــريف Blowdown Equip

يجب فحص جميع الصمامات ومنظومة الانابيب من حيث النضـوح . أما خزان التصريف فيجـــري عليه الفحص مثل أوعية الضغط الاخرى .

الفحص الداخلـــي Internal Inspection

قبل الفحص الداخلي الشامل يجب مراجعـــة تقارير الفحص الخارجي السابق وكذا الفحصـــ الداخلي الشامل السابق لتحديد المناطق التـــي تحتاج الى عناية أكثر من قبل الفاحص . وكمثـال على ذلك ـ فان وجود نقاط حارة hot spots على الغلاف الخارجي تعني أنهيار الطابوق الحراري من الداخل . كما أن تجمع الرطوبة على أو قريـب من الرؤوس headers تعني أحتمـال النضـــوح Tube-Roll Leak
كما تظهر تقارير الفحص السابقة الاماكن التـــي تتكرر بهـا المشاكل .

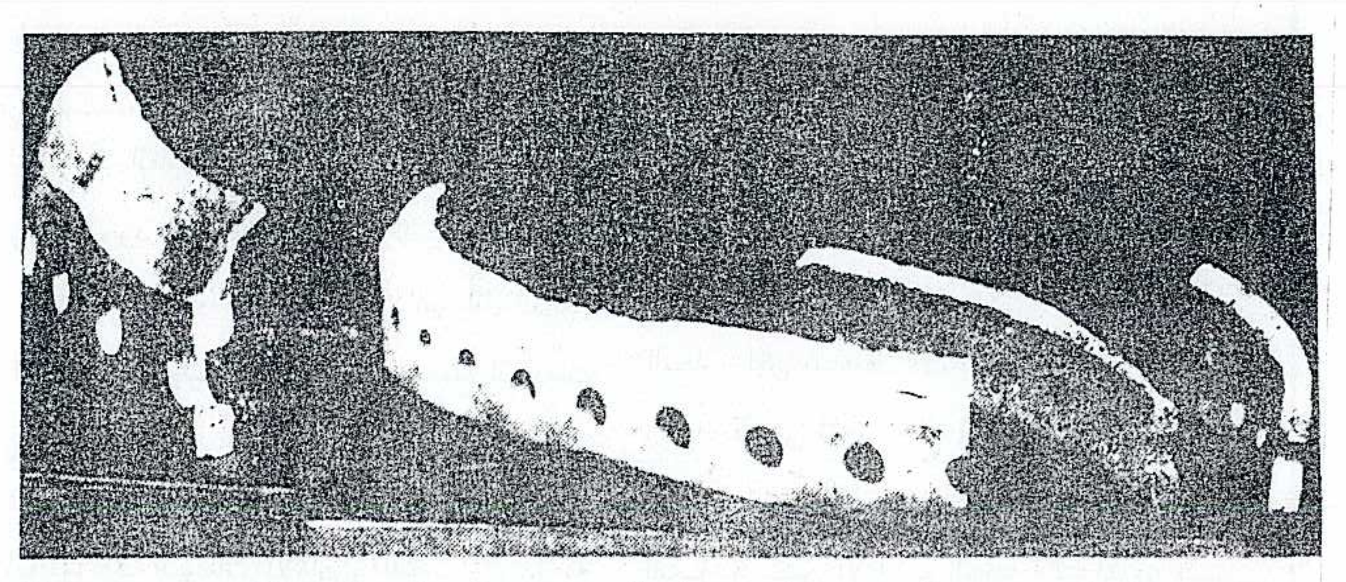
ويجب التأكيد هنا على أنـه مـن المفضـــل عمـــل فحـــص مبدئـــي للمرجـل من الداخـل بـــكل أجزاءه ، الاوعيـة والانابيـب وغرفـة الاحتراق ـ قبل عملية التنظيف فان موضع وكمية ونوع الطين والرواسب أو القشور المتراكمـــة داخل الاوعية قد تعطي فكرة عن درجة كفاءة أجهزة معاملة الماء ، كما أن هذا الفحص قد يساعد فـــي

اكتشاف المناطق في الاوعية أو القشرة والتي تحتاج الى عناية أكثر في الفحص • ووجود قشور كثيفة سواء في الاوعية أو داخل أو خارج الانابيب تشير الى لزوم فحص هذه المناطق بعناية من حيث أحتراق المعدن • كما أن وجود تعاريج في ترسبات السناج أو الرواسب على الحواجز Baffles قد تساعد كثيرا في أكتشاف النضوح في الحواجز ويجب تسجيل جميع هذه الظواهر حتى يتم التركيز على هذه المناطق بعد عملية التنظيف • وبعد عملية الفحص المبدئي وأتمام عملية التنظيف – يمكن أجراء الفحص التفصيلي أو الشامل • وتعنى عملية التنظيف أزالة جميع القشور والرواسب خاصة من فوق خطوط اللحام باستعمال فرش معدنية • وفي العادة لاتحتاج عملية الفحص رفع مواد العزل الحراري أو فك الاجزاء الثابتة بالمرجل مالم تكن هناك حاجة الى ذلك مثل وجود عيوب أو أندثار واضح من الخارج أو نضوح ماء أو بخار •

كما يجب فتح جميع فتحات الدخول وعدد مناسب من فتحات اليد وأذا لوحظ أثناء الفحص وجود زيوت أو شحوم فيجب أزالتها وايقاف سبب وجودها وعدم تشغيل الوحدة بدون ازالة هذه الدهون حيث أن وجودها خطير أثناء التشغيل •

الاوعية وملحقاتها

تفحص جميع الاسطح الداخلية واماكن أتصالها بالاجزاء الخارجيةمثل أعمدة الماء ونوزلات صمامات الامان من أي تشوه أو تاكل أو تنقر أو أخاديد أو قشور مترسبة أو تجمع رواسب ويجب الاعتناء بخوط اللحام أو البرشام والاماكن القريبة منها من حيث الشقوق أو أن أحد مسامير البرشام سائب أو مكسور وتستعمل لذلك المطرقة للتاكد من سلامة مسامير البرشام ويجب أزالة مسمار البرشام المعيب وتبديله وبالنسبة للحام يجب حفر مناطق التشقق وأعادة تصليحها ويجب الاعتناء بفحص وعاء الماء وازالة جميع الترسبات الطينية واكتشاف أماكن التاكل والشكل التالي يبين التاكل الحادث في أحد أوعية الماء – شكل رقم ١٦٣



Courtesy, Hartford Steam Boiler Inspection and Insurance Company and F. M. Kirkpatrick.

—External Corrosion on Head of a Mud Drum.

شـــكل رقـــم ١٦٣

والتاكل الحادث في خطوط اللحام أو المناطق المجاورة لها يكون أخطر بكثير من التاكل ذو نفس الحجـم والحادث في الالواح بعيدا عن خطوط اللحـــام • والاخاديد أو الشقوق الحادثة على طول خطـوط اللحام تدل على وجود أجهادات داخلية عالية فيهذه المناطق • كما أن التاكل بصورة عامة يكون بتركيـز في المناطق التي لاتدور فيها المياه بصورة جيدة ومثل هذه المواضع يجب فحصها بعناية •

وعند أكتشاف منطقة بها تاكل أو تعرية فمـــن المناسب تثبيت قطع أختبار لقياس معدل التاكـل والتعرية في هذه الاماكن للاستفادة منها فـــي الفحوصات التاليـــة •

وأذا أريد قياس سمك الوعاء مباشرة أو أريـــد عينه للفحص الكيمياوي أو المجهري فيمكن أخـــذ

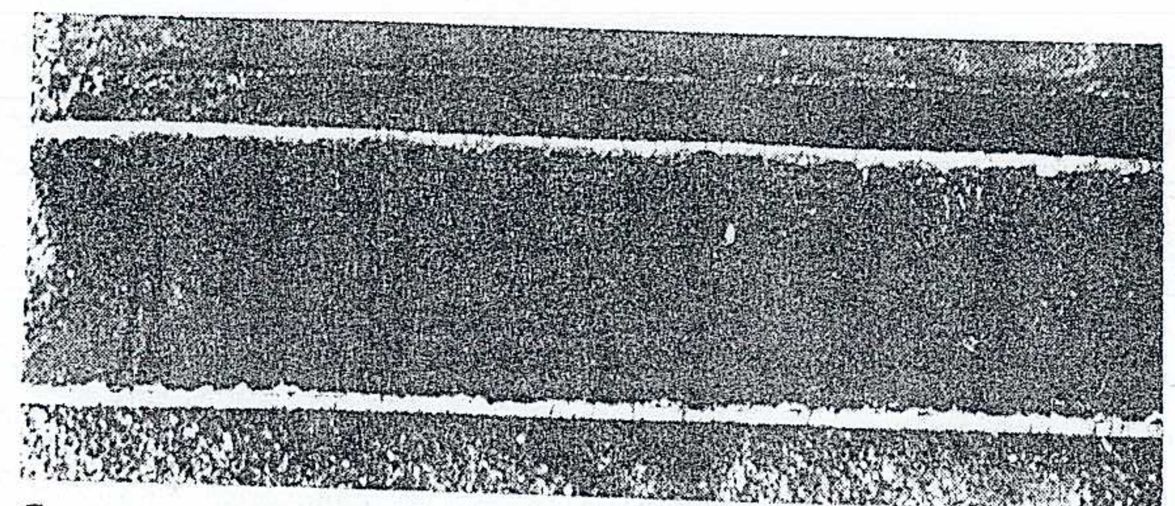
مقطع أسطواني من الجدار ثم يسد بواسطة برغي، ومن المناسب استعمال المطرقة لاكتشاف الاماكــن ذات السمك القليل بواسطة اختلاف الصوت •

وعند وجود الامكانيات الجيدة للفحص فانــــه من المستحسن أستعمال أشعة(×)أو السوائل النافذة أو الفحص المغناطيسيأو الفحص بواسطة الذبذبات فوق الصوتية لاكتشاف الشقوق والعيوب (تراجع هذه الفحوصات في الفصل الثاني) •

أما نوزلات صمامات الامان والمقاييس الزجاجية وخاصة أتصالاتها السفلية فيجب أن تفحص منحيث وجود الترسبات أو الانسداد باستعمال المصابيح الكاشفة ومن المفيد أستعمال مرآة صغيرة للرؤيا غير المباشرة في الاماكن الضيقة أو أستعمال عدســـــات تكبــــــير •

يجب ملاحظة أسطح الانطباق سواء في الفلنجات أو البوابيات من أثر نضوح أو قطع من جراء تسرب البخار ، أما الاجزاء الداخلية في الوعاء مثل رؤوس التغذية والانابيب وانابيب التوزيع وفاصـــــلات البخار وانابيب التصريف يجب فحصها بالمطــرقة لضمان ربطها وصلاحيتها الوظيفية حيث تؤثـــــر الحركة الشديدة للبخار ورذاذ الماء داخل الوعـــاء على هذه الاجزاء وتجعلها مرتخية عن مثبتاتهـــا أو أماكن جلوسها • وأذا تم لحام مثل هذه الاجزاءفي موضعهافليس غريبا أنتحدث شقوق فيهذهاللحامات نتيجة الاهتزازات ويجب فحص فاصلات البخـــار Steam seperator من أي ترسبات تؤثر علـــى عملها ، وفي بعض المراجل لاتستعمل فاصـــــلات البخار ولكن تستعمل الانابيب الجافة dry pipes وعليه تفحص ثقوب هذه الانابيب لان أنســــداد الثقوب يمنع تدفق جريان البخار ، وكما في كثير من التصاميم تكون الانابيب الجافة ذات ثقوب فــــي قمتها وقريبة من قمة الوعاء واذا فقد يكون مـــــن الضروري فحص الثقوب باستعمال مرآة عاكسة •

أما الانابيـــب Downcomers and risers يجب أن تفحص بعناية من حيث وجود قشـــور أو رواسب أو تآكل أو تعرية وايضا من وجود قطـــع ميكانيكي نتيجة تنظيف الانابيب ميكانيكيا كمـــــا بالشكل رقم ١٦٤ ويمكن أستعمال الفحص المطرقي لاكتشاف نقص السمك في الانابيب نتيجةالتآكل أو التعرية•أذا كانتمجاميع الانابيب مغطاة أومحجوزة بواسطة الـــواح Baffle or deffector فانه يجب أزالة بعض من هذه الالواح لاغراضــس الفحص واكتشاف حالة الانابيب خلفها •



Courtesy, Hartford Steam Boiler Inspection and Insurance Company.

—Interior Surface of a Tube Which Has Been Damaged by Operating a Tube Cleaner Too Long in One Place.

شــــكل رقــــم ١٦٤

رؤوســ المـــاء Water headers

يجب فحص الاســطح الداخلية للرؤوس مـــن حيث التاكل والتعرية ، ويجب ملاحظة كمية وموقع القشور المتكونة ،ونهايات الانابيب من التنقر والقشور او التلف الميكانيكي من جراء التنظيف ، وأذا كانت كمية القشور والرواسب كبيرة لحد ما فقد تصـل الى الحد الذي يعيق تدفق المادة مما يعرض الانبوب الى الاحتراق نتيجة قلة التبادل الحراري ،والاسطح الخارجية للرؤوس تفحص مباشرة أو بالاستعانــة بمرآة صغيرة ويجب الاهتمام بمناطق دخـــول الانابيب الى الرؤوس لاحتمال النضوح من جــراء Rolling أو وجود شقوق أو تنقر عميق ، وأذا لوحظ تنقر عميق من الخارج فيجب ثقبــه وفحص السمك ثم أعادة لحامــه .

رؤوس المحمـــص Superheater headers

عادة لاتفتح فتحات اليد لرؤوس المحمص فــي

كل توقف الا أذا كان هناك تبديل لبعض الانابيب أو تصليح ، غير أنه من المفيد فتح بعضها أثناء التوقف، ويجب ملاحظة أن المحمص يتعامل مع بخار جاف ويجب أن لاتكون هناك ترسبات وأذا لوحظ وجود ترسبات فيجب التعرف على أسبابها ودراستهـا لان أي ترسب بانابيب المحمص يؤدي بالضـرورة الى الانهيار نتيجة أحتراق الانبـوب •

الفحص الداخلـي لغرفة الاحتـراق

Internal Inspection of Furnaces and Firesides

يتم الفحص الداخلي لغرفة الاحتراق عن طريق الدخول من الابواب الاضافية أو من مكان أحـد المشاعل ، ويجب أن يكون هناك شخص بالخـارج يلاحظ الشخص الذي يقوم بالفحص بالداخل خاصة في المراجل التي تستعمل الفحم في الاحتراق فـأن طبقات السناج المتكونة على الحوائط الداخليـة قد يصل سمكها الى ١٢ بوصة ، ويفحص الطابوق الحراري أو البطانة الحرارية الداخلية من حيث وجود شقوق أو تعرية أو وجود خبث زائد نتيجة أنصهار البطانة ، وليس بالضرورة أصلاح أي شق ولكن يعتمد على عمق ومكان وشكل الشق وفـي الحقيقة لاتوجد قواعد ثابته أو حدود ولكن تعتمد على تقدير الفاحص ومـدى خبرتـه •

ووجود تعرية أو خبث نتيجة أحتراق البطانـة الحرارية يجب أن يلاحظ بعناية لانه أذا ترك لحـد معين فقد يؤثر في الغلاف الحديدي الخارجـي أو المنشات الخارجية ، كما أن أهمال مثل هذه الحالات في المناطق السفلى من الجدران قد يتسبب في أنهيار الاجزاء العليا نتيجة عدم التثبيت من أسفل ، وتحدث التعرية في البطانة الحرارية نتيجة أنحياز اللهب أو السرعة العليا للرماد المتطاير أو أن البطانة من مادة رديئة ، أما وجود الخبث أو أنصهار البطانة فيكون بسبب رداءة أو عدم ملائمة لظروف التشـغيل أو أحتواء الرماد على أكاسيد المعادن أو أنحياز اللهب وقد تحدث التعرية حول فتحة المشاعل أو في الجدران الجانبية أو المواجهة للهب ، وفي المراجل ذات جدران الماء Water Walls فتحدث التعرية في البطانة بين أنابيب خاصة في الحائط المواجهـة للهب ، وأنصهار البطانة يحدث في أي منطقة ولكنه متوقع بدرجة كبيرة في أماكن مجاري غـــازات الاحتراق ، ويجب قياس أماكن التعرية ومعـرفة مقدار سمك البطانة الضائع ويمكن الاستعانـــة بالمخططات الخاصة بالمرجل لمعرفة ذلك أو أن تثقب البطانة في تلك الاماكن لتحدية سمك البطانة الباقي وتقدير العلاج المناسب ، والبطانـــة الساقطـة أو المنتفخة بشكل كبير يجب أن تزال ويعاد تصليحها كما يجب دراسة أسبابها كان يكون المنشأ الحديدي الخارجي قد هبط أو تكسر البراغي المثبته للبطانـه واجزائهـــا •

الانابيـــــب Tubes

يجب فحص الانابيب من حيث الاحتراق والتاكل والتعرية ، وعادة يكون سبب الاحتراق وجـــود قشور زائدة أو رواسب على السطح الخارجـــي لانابيب الماء ؛ كما يجب فحص الانابيب وملاحظة الانتفاخ والجيوب الهوائية وشقوق الســـــقى Quench cracking والتدلى Sagging والتقوس الى أعلى Bowing

والتاكل الخارجي ينتج عادة من جراء الرطـــوبة وترسبات الرماد وتأتي الرطوبة من جراء نضوح أحد الانابيب أو أماكن أتصال الانابيب بالوعاء أو الرؤوس أو الاستخدام الخاطيء لنافخ السناج أو نضوح صمامه أو من مياه الامطار خلال المدخنة أو الاسقف أو من التكثيف أثناء توقف المرجل •

وحيث أن أنابيب المراجل عادة تكون ذات ســمك قليل — فأن التاكل يكون خطير — وأذا أكتشف أنهيار أحد الانابيب فيجب دراسة أسباب ذلك — وأذا لم يهتدى الى السبب ، فيجب أخذ عينات من الانبوب لغرض الفحص الكيمياوي والمجهري ، وبالنســبة للانابيب المحنيـــة bent فيجب فحصـــها بضوء قوي وبقدر الامكان الى منطقة الحنى ، وأذا كان هناك شك بوجود رواسب عالية — فتســتعمل الاجهزة الخاصة لتنظيف الانابيب المحنية مع قياس كمية الرواسب الخارجة ومساحة السطح المنظـف لأخذ فكرة عن كمية الرواسب ، وتفحص نهايـــة الانابيب من حيث معدل بروزها ويمكن أســـتعمال الميكرومترات واجهزة القياس الاخرى لقياســـس القطر الخارجي للانبوب وقياس الانتفاخ وعمـــق التنقر ومثل هذه القياسات مفيدة للغاية من حيث التنبؤ بالفترة الباقية من عمر الانبوب ومعدل التاكل والتعرية الخارجية للانابيب تكون من جراء أنحياز اللهب أو الاستعمال الخاطيء لنافخ السناج وعـادة تكون التعرية في الانابيب المواجهة للهب وعلـــى أســـتقامتــه •

فحص الاجهـــزة المساعدة

Visual Inspection of Auxiliary

الاجهزة المساعدة مثل أعمدة الماء والمقاييســـس الزجاجية وصمامات الامان ومراوح الضخ والسحب ونافخات البخار ومجاري غازات الاحتراق تفحص جميعها بنفس الاسلوب ومن ضوء ماذكر سابقـــا بعناية أكبر وعن قــرب •

رابعا ـــ طريقـــة فحص الافـــران والمداخن في المصافي النفطية

اعـــداد المهندس /
ارشـــد محمـــد علي

المقدمـــة :ـــ

ان الغرض من فحص وتفتيش الاجهزة التـــي تعمل في المصافي ومنها الافران هي السيطرة علـــى فترات التوقف المنتظمة وللصيانة الجيدة بتكاليـــف اقل وللقضاء على التوقفات الاضطرارية المتأتية من حدوث نضوح او حريق او عطب في هذه الاجهـــزة او الافـــران ٠

أن عمليات تكرير النفط الى مشتقاته أو تحسين البنزين أو معاملة المشتقات تتطلب تسخين المواد النفطية الى درجات حرارية عالية وضغوط معينة في أفـــران صممة لهذا الغرض وتختلف انواع هذه الافـــران باختلاف درجات الحرارة والضغط وطاقتها ويمكن تلخيص الفرن بانه غرفة مقفلة تحوي على ملـــف انابيب الذي يحتوي على المادة النفطية قرب المصدر الحراري ٠ تكون نهايات هذه الانابيب مربوطـــة احداها بالاخر عن طريق مجمعات او منحنيـــات مختلفة الاشكال والاحجام وان الانابيب هـــذه موضوعة على مساند داخل الفرن او في نهاياتهـــا ويعتمد عدد هذه المساند وتكوينها على قوة الانبوب وطوله ويتم تسخين الفرن عن طريق مشاعل تحرق المواد النفطية السائلة او الغازية ويتم طرد الغازات المحترقة عن طريق مدخنة ترتبط مع الفرن عن طريق مجرى والمسمى Duct اما السيطرة على الحرق ودرجات الحرارة والضغط فيتم عن طريـــق اجهزة دقيقة موضوعة على الفرن ومعدة لهذا الغرض ولتصميم اي فرن يجب ملاحظة النقاط التالية :ـــ

١ ـــ كيفية عمل الفـــرن
٢ ـــ حجم الفرن وطاقته
٣ ـــ المساحة المعدة لنصب الفرن
٤ ـــ اقتصاديات الفرن
٥ ـــ مصدر الحرارة للفـــرن

يتراوح ضغط التشغيل في افران التكرير عادة من ١٠٠ رطل / العقدة المربعة الى ٣٠٠ رطـــل / العقدة المربعة ودرجات الحرارة مابين ٥٠٠°ف الى ٨٠٠°ف ٠

اما في افران تحسين البنزين فتتراوح مابـــين ٥٠٠ رطل / العقدة المربعة الى ٢٠٠٠ رطل / العقدة المربعة ودرجات حرارة مابين ٩٠٠°ف الى ١٥٠٠°ف وتكون المادة الداخلة في الانابيب هي خليط من غاز الهيدروجين والمواد النفطية سريعة الانفجار ٠

أن أفران المصافي عادة تكون مخصصة لتســـخين المواد النفطية في ملفاتها أو أنابيبها ولكن قد توجد افران تحوي ملفات تســـخين او تحميص البخـــار اضافة الى ملفاتها لتسخين المواد النفطية واجـــزاء الفرن الاساسية هي كمايلي :ـــ

١ ـــ ملـــف التســـخين :ـــ

ملف التسخين الـــذي يحتـــوي علـــى المـــادة النفطية الواجب تسخينها يتكون من مجموعة انابيب مربوطة مع بعضها لتكون ملف او ملفـــات ترتبط

هذه الانابيب احداها بالأخرى بواسطة منحنيــات او مجمعات تكون ملحومة او مسننة اما الربط فــي الافران الحديثــة فيكــون بواســطة التوســيع

٢ ــ الفــرن :ــ

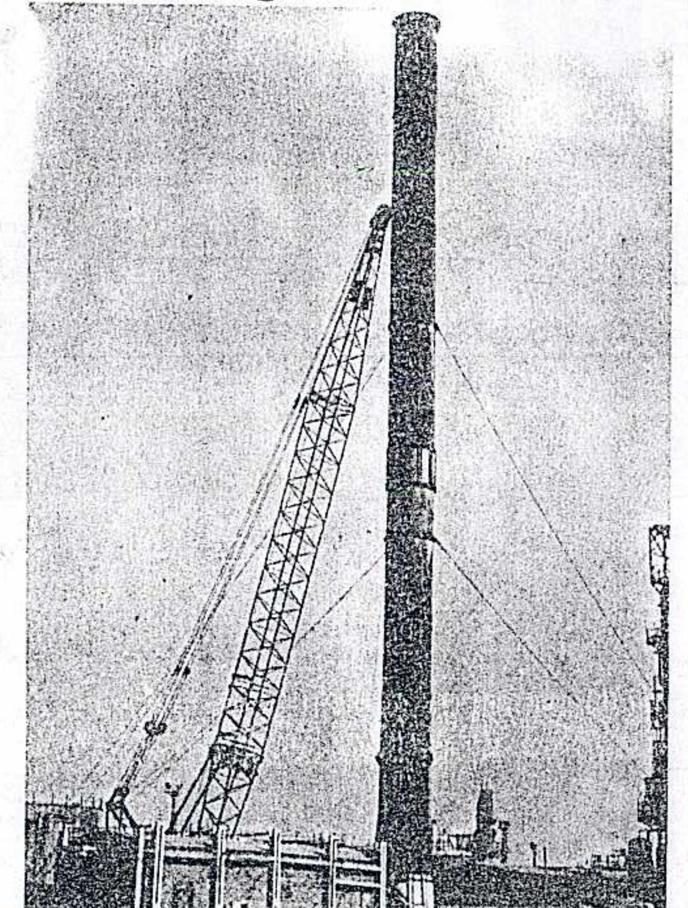
يتكــون الفـــرن مــن بنــاء حديدي خارجــي من الحديد الاعتيادي Carbon steel ، مبطـــن بالبناء الحراري العازل من الداخل وكمــا يحتوي الفرن من الداخل على مساند لحمل الانابيب التــي تكون عادة من سبائك فولاذية تحوي على نســب عالية من الكروم والنيكل لمقاومة الحرارات العالية المتأتية من عملية التسخين ٠

ويحتوي الفرن على المشاعل ونافخات الهواء ومنظفات البخار (لتنظيف الانابيب من الخارج من المواد المترسبة عليها اثناء عملية الحرق) والاجهزة الدقيقة المربوطة في الداخل لقياس درجات الحرارة والضغط وكمية الهواء الداخل ٠

٣ ــ المدخنــة :ــ

هي الجزء الذي يستلم الغازات المحترقة من الفرن عن طريق المجـــرى الهــوائي Duct لتسلمها الى الخارج وعادة تكون على شكل أسطواني مبنــي أو غير مبني مــن الداخــل بواســـــطة طابوق حراري وفي الجزء الاسفل منها توجد الــ Damper التي تتكون من سبائك فولاذيــة تحوي على نسب عالية من معدني الكروم والنيكل للسيطرة على أخراج الغازات المحترقة ٠

والشكل رقم ١٦٥ يبين أحد انواع المداخن ومن النوع المربوط Guyed ٠



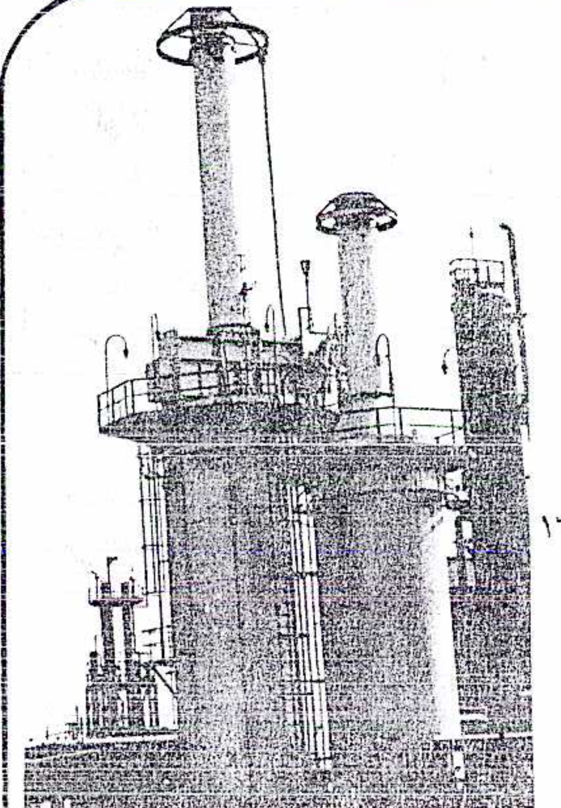
شكل رقم (١٦٥)

انواع الافران

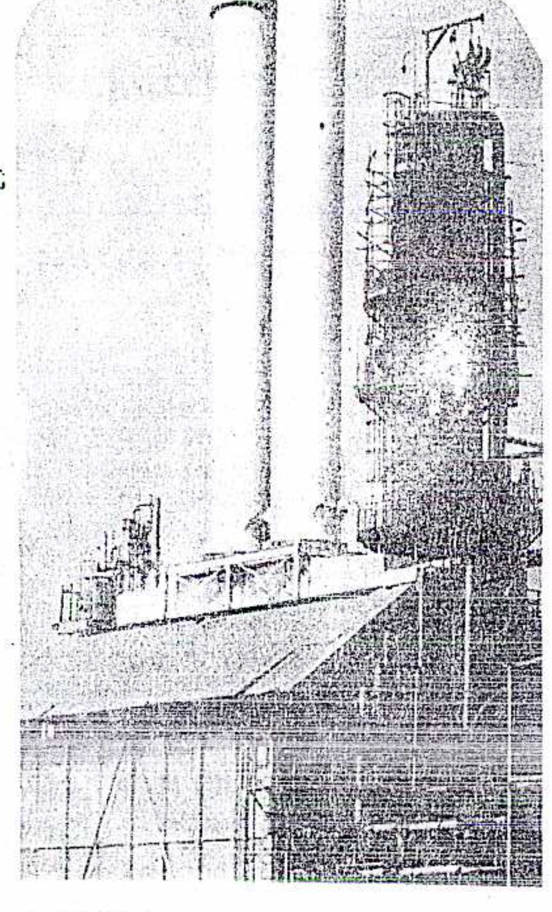
هنالك عدة انواع من الافران في المصـــافي

والاكثر شيوعا هي :ـ

١ ـــ نوع المسمى Box heater كما في الشكل رقم ١٦٦



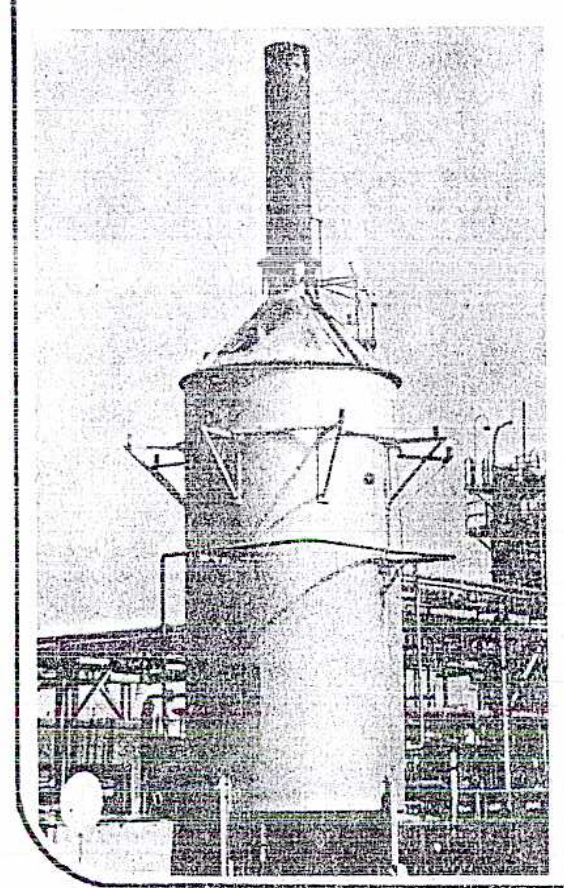
شـــكل رقـــم ١٦٧



شـــكل رقـــم ١٦٦

٢ ـــ الفرن العمودي كما في الشكل رقم ١٦٧

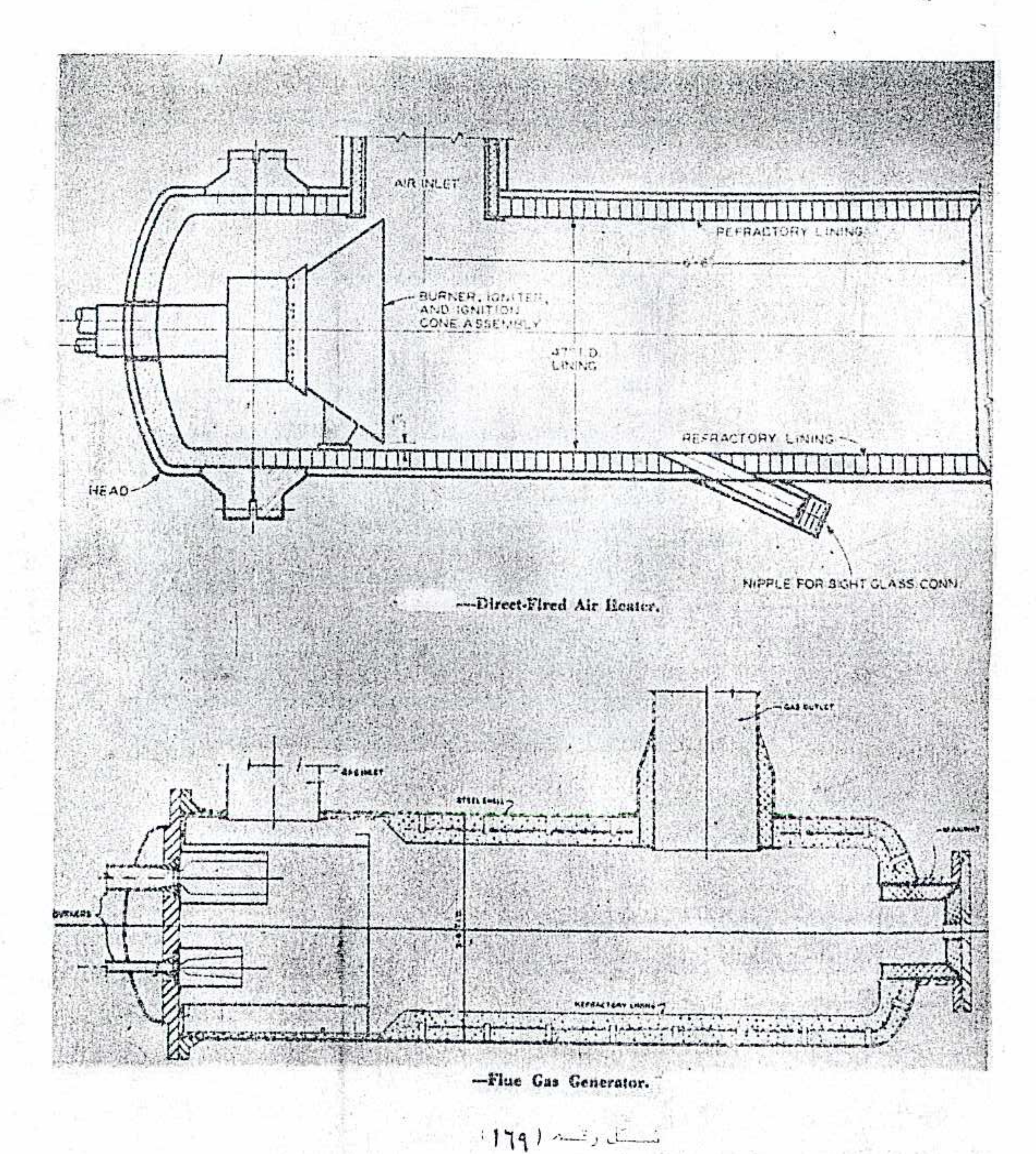
٣ ـــ الفرن الحلزوني كما في الشكل رقم ١٦٨



شـــكل رقـــم ١٦٨

افران الحرق المباشر :ـ

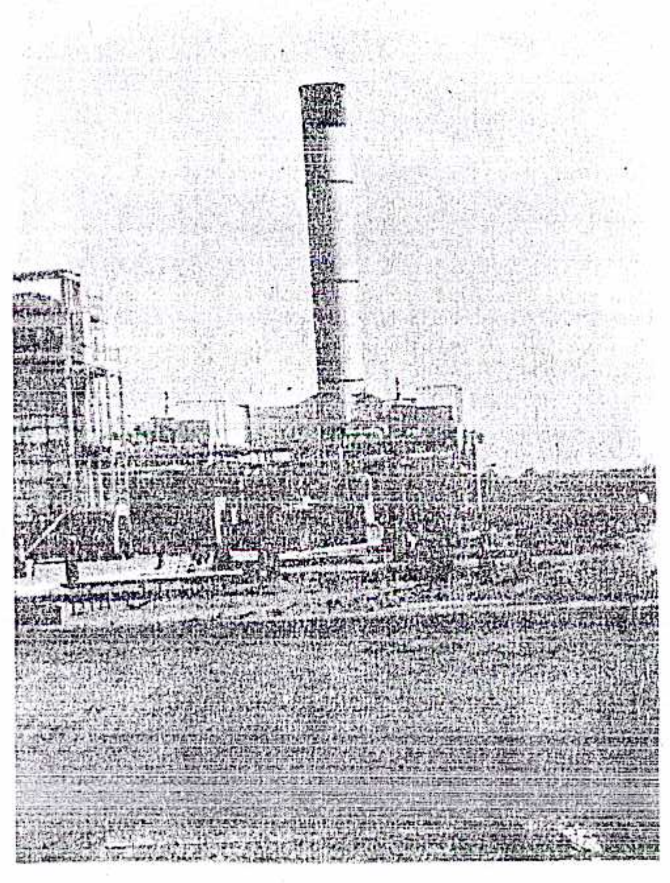
هنالك افران لتسخين الهواء فقط التي تستعمل في المصافي وتكون عبارة عن شكل اسطواني كما في الشكل رقم ١٦٩ حيث يكون في نهاية الاسطوانة المشعل الذي يحرق المواد النفطية لتسخين الهواء .



—Direct-Fired Air Heater.

—Flue Gas Generator.

شكل رقم (١٦٩)



شكل رقم (١٧٠)

المداخن :ـ

المدخنة عبارة عن شكل اسطواني عمودي ذو ارتفاع معين وتستعمل لمنع تلوث الجو وحسب مواصفات عالمية معتمدة وتنقسم الى ثلاثة انواع في المصافي وهي موضحة في الاشكال أدناه :ـ

١ ـ مدخنة الغازات المحترقة Flue gas stack

يستلم هذا النوع من المداخن الغازات المحترقة من الفرن عن طريق فتحة من الأسفل وتكون المدخنة اما من النوع المبني بالطابوق أو الكونكريت أو الحديد . والمدخنة المصنوعة من الحديد تكون مغلفة من الداخل او غير مغلفة وتكون على نوعين :ـ

أ ـ نوع لايرتبط بالارض بواسطة حبال كما في الشكل رقم ١٧٠ والمسمى Self supporting ويكون الربط عن طريق الى 'Anchor bolts فقط

ب ــ نوع مربوط مع الارض بواسطة حبال حديدية اضافة الى Anchor bolts كما في الشكل رقم (١٦٥) والمسماة Guyed Chimeny.

قطر الداخن من الداخل متساوي من الاسفل الى الاعلى أما من الخارج فيكون الجزء السفلي اكبر قطرا من الوسط والاعلى وذلك لتكون المدخنة اكثر ثبوتا لمقاومة الرياح والقوة العمودية ويجب عند تصميم أي مدخنة اضافة سمك الى السمك المطلوب وهي بمثابة سماح للتاكل Corrosion allowance.

كما يجب أن تكون قاعدة المدخنة منحدرة الى الوسط Tapered

ومربوطة بانبوب الى الخارج لتصريف سوائل قد تتجمع في الاسفل وتكون هذه السوائل حامضية نتيجة وجود الكبريت والغازات ، اول اوكسيد الكاربون وثاني اوكسيد الكاربون التي تسبب التآكل .

٣ ــ الشعلة :ــ (Flare)

من ظواهر المصافي الشعلة التي تتوهج وتشعل المواد الغازية المنبعثة من المواد النفطية عند تكريرها وتتكون تلك الغازات في الحالات التالية :ــ

١ ــ عندما تكون مجاري التصريف تحت الضغط .

٢ ــ عندما تفتح صمامات الامان المركبة على الاوعية في المصفى .

٣ ــ عندما تنظف الاوعية من المواد النفطية .

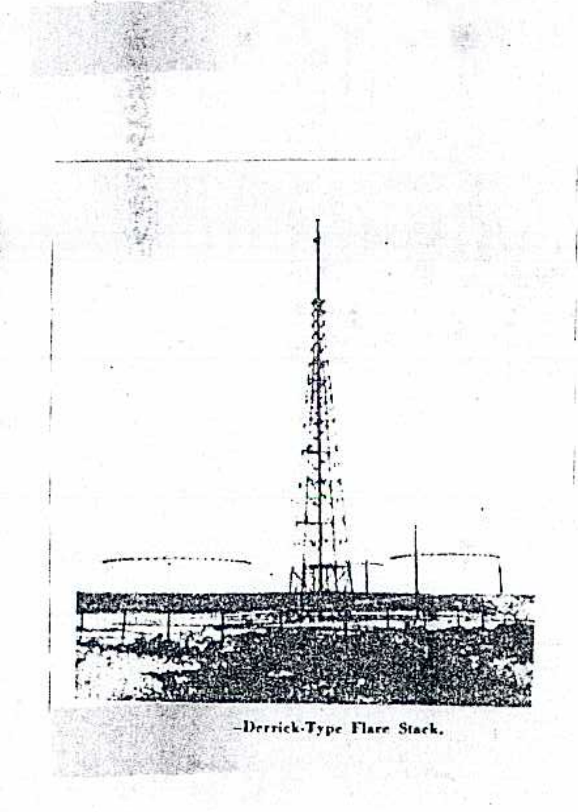
وتتكون الشعلة من انبوب عمودي في اعلاه شرارة لتشعل المواد النفطية ومن الاسفل تكون مرتبطة بوعاء Drum لفصل المواد السائلة المتأتية مع الغازات الزائدة . وللشعلة ارتفاع معين وموقعها يبعد مسافة معينة عن الوحدات الاخرى حسب مواصفات عالمية بغية السلامة .

وهناك نوعان رئيسيان من الشعلة :ــ

١ ــ نوع مربوط بواسطة حبال حديدية Guyed

٢ ــ نوع اخر ويسمى Derrick flare Stack

كما في الشكل رقم ١٧١

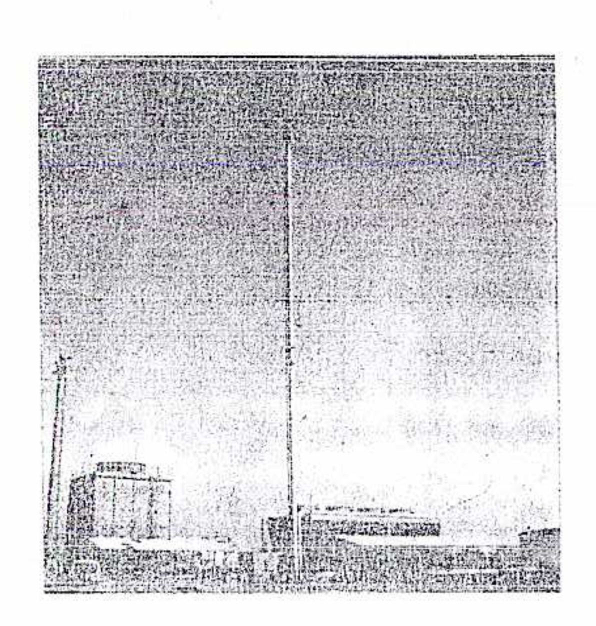


-Derrick-Type Flare Stack.

شكل رقم ١٧١

٣ ـ مدخنـــة التصـــريف Blowdown Stack

هي مدخنة تصرف الغازات الزائدة والسامـــة من الوحدات التشغيلية وتكون مربطة من الاســـفل الى blowdown drum التي تفصل المـــواد السائلة . كما في الشكل رقـــم ١٧٢



شـــكل رقـــم ١٧٢

التآكـــل :ـــ

ويرجع اسباب حدوث التآكـــل فـــي الصـــناعة النفطية في الافران الى العوامل التالية :ـــ

١ ـــ ظروف تشغيل الفرن

نقصد بظروف تشغيل الفرن هي اما ان يكون الفرن لفصل وتكرير النفط الخام او لفصل المـــواد الدهنية عن طريق الفاكيوم او تكسير الحلقـــــات البارافينية في البنزين او فصل المواد الخفيفة فـــي المواد النفطية .

٢ ـــ مواصفات الموادالداخلة الى الفرن

ان احتواء المواد الداخلة الى الفرن علـــــى الكبريت والكلورايد ومواد عضوية او مواد صـــلبة تسبب في حدوث التآكل وقد تسبب في ترسب المواد الصلبة على جدران الانابيب من الداخل التي ترفع بدورها درجات الحرارة في الانابيب وبالنتيجـــــة تزيد من سرعة التآكـــل .

٣ ـــ سرعة جريان المـــادة

اسرعة جريان المادة داخل الانابيب والمجمعات والمنحنيات تأثير مباشر على سرعة فقدان السمـــك عن طريق التعرية والمسمى بـــ Erosion وكما أن أصطدام المواد السائلة بالمنحنيات تزيد مـــن سرعة فقدان السمك ايضا .

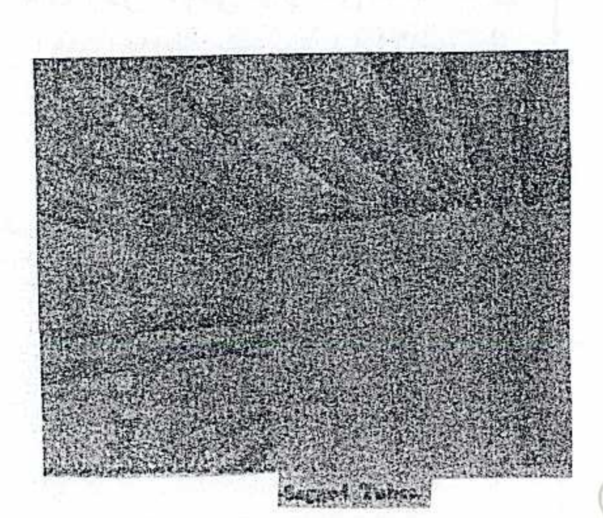
٤ ـــ الضـــغط

عندما يكون الضغط ودرجة الحرارة داخـــــل الانابيب اقل من الدرجة الحرارية والضغط التـــي يحصل عندها الكلل Fatigue فان ذلك لايشكل خطورة ولكن عندما تزداد درجة الحرارة والضـــغط فهنالك احتمال حدوث الكلل الذي يكون على شـــكل انتفاخ bulging او شق في الانابيب .

٥ ـــ درجة الحرارة

ان ارتفاع درجة حرارة المادةالنفطية في الفرن تسبب ارتفاع في درجة حرارة سطح الانبـــوب والمنحنيات والتي تسبب في زيادة سرعة التآكـــل وفقدان المعدن لمواصفاته الاساسية واهم تأثيرات درجات الحرارة على الانابيب في الافران هي : ـــ

١ ــ انحناء الانابيب الى الاسفل Sagging
كما في الشكل رقم (١٧٣)

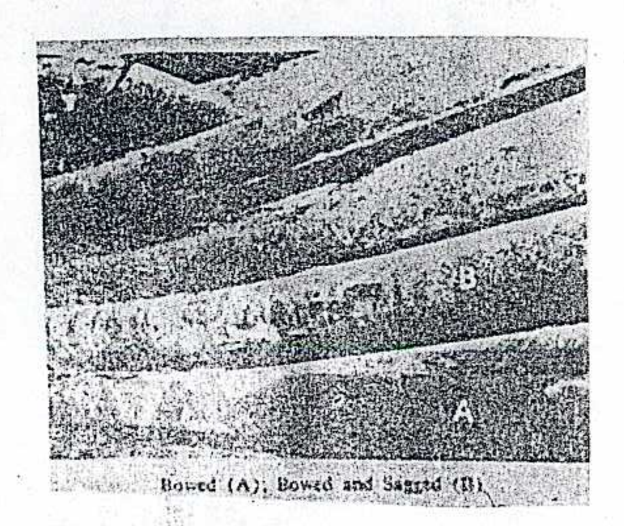


شــكل رقــم ١٧٣

وسبب هذا النوع نتيجة ضعف الهيكل (هيــكل الانبــوب) تجاه الجهود الموجودة في الفرن ويكون ايضا من جراء حرارات عالية غير متوقعة او عــدم وجود مساند بصورة صحيحة او كافية في الفرن •

٢ ــ أنحناء الانابيب الى الاعلى Bowing

تاتي هذه الحالة من جراء اصطدام النــــار بالانبوب في مناطق معينة دون غيرها او ترســــب مواد صلبة على جدران الانبوب من الداخل التــي بدورها تزيد من درجة حرارة الانبوب او حصــــر الانبوب في محلات مساندها على الـ Tube Sheet وعدم امكان حركتها او قد تأتي من عدم وجــــود طول كافي مناسب للانبوب عند التبديل او النصب والشكل رقم (١٧٤) يمثل النوع المذكور •

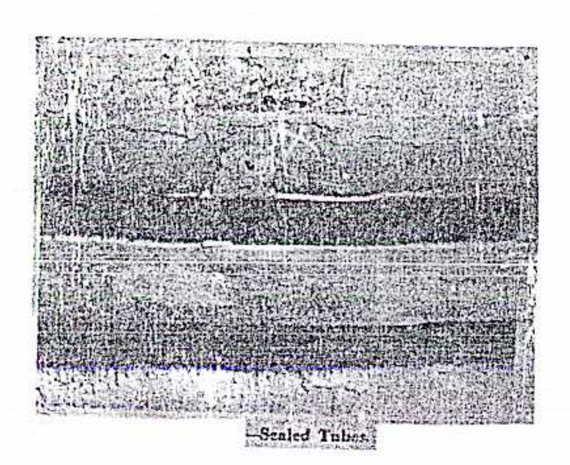


Bowed (A); Bowed and Sagged (B)

شــكل رقــم ١٧٤

٣ ــ تقشر القشرة الخارجية

يتم هذا عندما تزداد درجة الحرارة بصــورة طبيعية الى حد تأكسد المعدن وذلك عن طريق حرق مواد نفطية اكثر من المعتاد • او وجود غلق جزئي أو كلي في داخل الانبوب الذي يمنع تبريد الانبوب عن طريق المواد السائلة المارة ويمكن تمييز القشــرة الاعتيادية عن القشرة المتأتية من حرق المواد النفطية وذلك بفحصها بالمغناطيس حيث ان القشرة الاعتيادية تنجذب الى المغناطيس بعكس القشرة المتأتية مــن الحرق التي لاتنجذب والشكل رقم (١٧٥) يمثل مجموعة من الانابيب التي تعرضت الى تقشــر المعـــدن الخارجي •



—Scaled Tubes.

شـــكل رقـــم ١٧٥

٤ ـ مقاومة معدن الانبوب

ان مقاومة معدن الانبوب للاجهاد تقل بازدياد درجة الحرارة وهذه الاجهادات تؤدي الى تغـيير شكل الانبـــوب أو حصـــول زحــــف فيـــه Creep او قد تؤدي الى انتفاخ فـــي الانبـــوب Bulging كما في الشكل رقم (١٧٦) •

٥ ـ تغيير تركيب المعدن

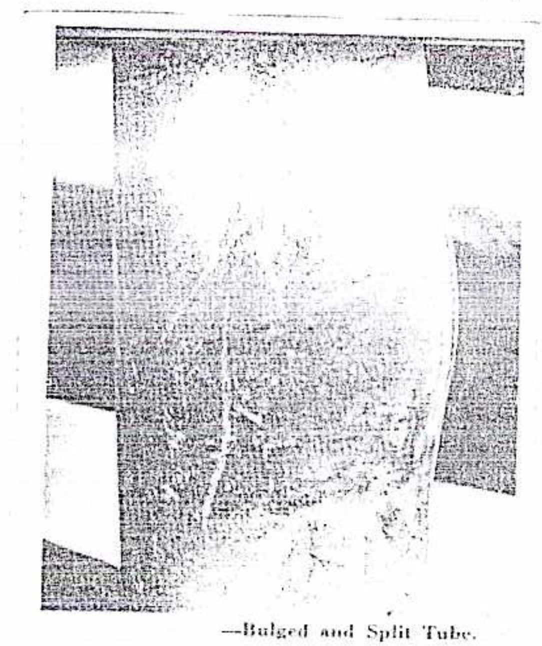
ان وجود معدن الحديد تحت تأثير الاجهادات العالية ودرجات الحرارة العالية ايضا يؤدي الـــى قلة او زيادة في نسبة الكاربون في المعدن او زيادة في حجم البلورات في المعدن وهذا بدوره يـــؤدي الى قلة متانة المعدن وبالتالي انفجار الانبوب وقد تؤدي الاجهادات الى شق في الانبوب وهذا النوع يسمى بـــ Stress Cracking

٦ ـ تصميم الانابيـــب

أن تصميم وضعية الانابيب في الفرن من حيـــث القياسات ومناطق الربط له التأثير المباشر علـــى الاجهادات والتغييرات التي تحصل عند تشغيل الفرن وزيادة درجات الحرارة التي تؤثر على تمدد المعدن وقد يؤدي التمدد هذا الى تغير وضعية الانابيب او حصول كسر او شق في احـــــد الانابيـــــب او الانحنيـــات •

٧ ـ فرق درجات الحرارة

هنالك فرق بين درجات الحرارة على مقطـــع الانبوب من حيث موقع الانبوب بالنسبة للمشعل وهذا يؤدي الى فرق في التآكل حيث ان التآكـــل يزداد بازدياد درجات الحـــرارة كمـــا في الشـــكل رقـــم (١٧٧) •



—Bulged and Split Tube.

شـــكل رقـــم ١٧٦

المواد النفطية المستعملة في الحرق وعلاقتها بالتآكـــــل

للتآكل في انابيب الفرن او المساند علاقـــة مباشرة بالمواد المستعملة للحرق في مشاعل الافران فمثلا عندما تحتوي المواد النفطيـــة المحترقـة على كميات من الكبريت فان الكبريت هذا يولد عند الحرق الكبريتات التي تترسب على الانابيب مـــن الخارج وخطر هذه المواد يكون قليل عند اشـتغال الفرن ولكن عند تبريد الفرن اثناء التوقف فـــان الكبريتات تبرد وتبدأ بامتصاص الرطوبة من الجـو وتكون حامض الكبريتيك المخفف الذي هو وسط جيد للتآكل • وحالة اخرى عندما تحوي المواد النفطية المستعملة في حرق مشاعل الافران على مـــادة

Eccentric Corrosion of Tube.

شـــكل رقـــم ١٧٧

الفناديوم ففي درجات حرارة مابين ١٢٠٠°ف الـى ١٤٠٠°ف فان خامس اوكسيد الفناديوم يسبب تآكل المعدن وذلك بصهر المناطق الخارجية للانابيـــب واحالتها الى شبه سوائل او عجينة منصهرة •

وقد تتأثر انابيب الحمل عندما تصل درجـة الحرارة اثناء التشغيل الى درجة حرارة النـــدى حيث تتكون حوامض التي بدورها تؤدي الى تآكل المعـدن •

٧ ــ التأثيرات الميكانيكية على الانابيب والمنحنيات

يعتمد عمر الانابيب والمنحنيات على التأثيرات الميكانيكية عليها التي تتأتى عند تنظيف الانابيـب والمنحنيات بواسطة العدد المستعملة في التنظيـف وخاصة عند مناطق الـــ Roll او عند نصب الانابيب والاخطاء التي تحصل عند النصب •

كما هنالك طريقة تنظيف الانابيـب بواسـطة البخار والهواء والغاية منها تنظيف الانابيب مـــن الكاربون المترسب عليها من الداخل فعنـد ازدياد درجة الحرارة في هذا النوع من التنظيف والتـــي تتأتى من عدم السيطرة الجيدة على العملية فـــان الانابيب تتأثر وقد تحترق • كما ان القوى التـــي تنبعث اثناء (التوسع Rolling) تسـبب شق في المجمعات والمنحنيات لذا يجب الاشـــراف والمتابعة المستمرة على العاملين لتلافي هذه العيوب -الشكل رقم ١٧٨- وكما أن استعمال النار في تسخين المجمعات والمنحنيات لغرض فتح رؤوس المجمعـات يسبب في حرق او تشقق في المنحنى او المجمع اذا أزدادت درجة الحرارة عن الحد المسموح به •

طرق فحص الفـرن

لفحص ملفات الفرن من انابيب ومنحنيـات ومساند ... الخ ، عدة طرق يجب اتباعها لمعرفـة وتحديد وضع الفرن بالنسبة للتشغيل وهي :ـ

١ ـ الفحص البصري .
٢ ـ الفحص بواسطة المطرقة .
٣ ـ فحص سمك الانبوب والمنحنيات .
٤ ـ تثقيب بعض مناطق الانابيب والمجمعات .
٥ ـ فحص بالضغط بواسطة السوائل (ماء) .
٦ ـ انواع اخرى من الفحوصات .

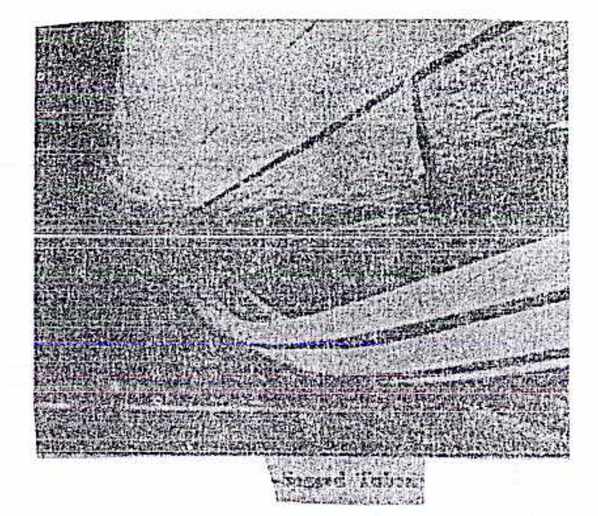
الفحص البصري

وهو من اهم انواع الفحص فانه ويمكن بواسطته تحديد العيوب والتآكل الذي قد يحـدث على الانابيب والمجمعات او تغيير لون المعـدن الذي يدل على تغيير مواصفاته والتنقر الذي يحدث على المجمعات والانابيب من الداخل.ويمكن تقسيم هذا النوع من الفحص الى مايلي :ـ

١ ـ الفحص الخارجي

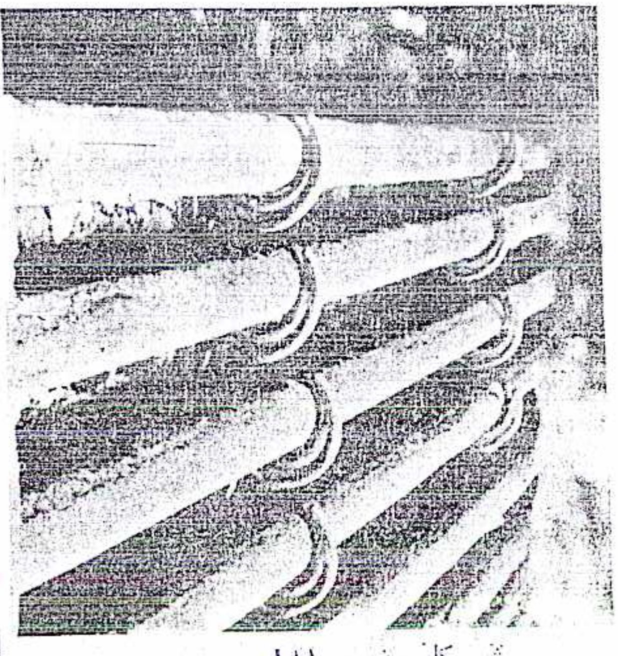
يمكن ملاحظة النقاط التالية بواسطة الفحص البصري من الخارج :

١ ـ انحناء الى الاسفل او انحناء الى الاعلى Sagging or Bowing كما في الشكل رقم ١٨٠ يبين الانحنـاء الى الاسـفل .

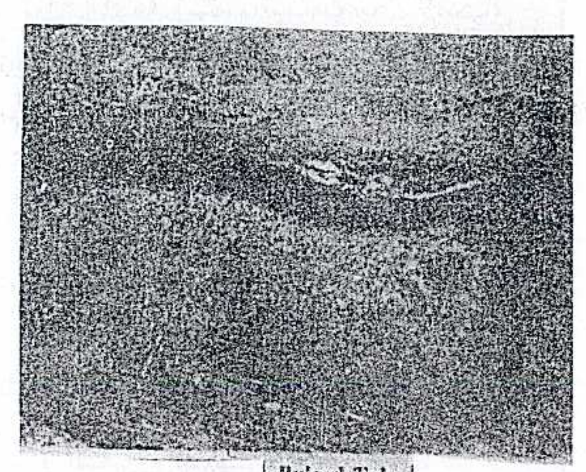


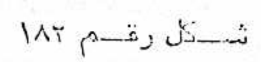
شـكل رقـم ١٨٠

اما الشكل رقم ١٨١ أدناه يبين الانحنـاء الى الاعلى :ـ


شـكل رقـم ١٨١

٢ ــ انتفاخ جزء من الانبوب او المنحني كما في الشــكل رقــم ١٨٢ •





-Bulged Tube.

شــكل رقــم ١٨٢

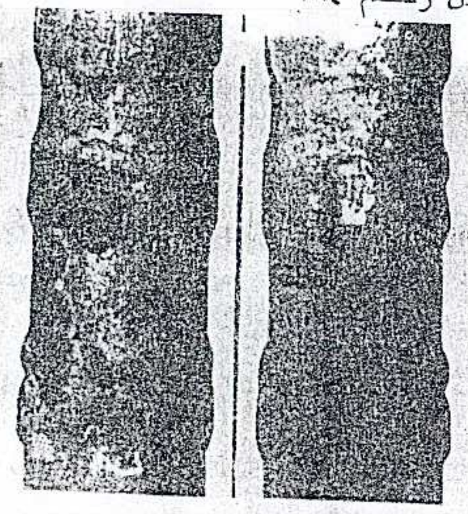
٣ ــ تقشر القشرة الخارجية بسبب الحرارة العالية أو حرق المعدن كما في الشــكل رقــم ١٨٣



شــكل رقــم ١٨٣

-Tube Burned Inside.

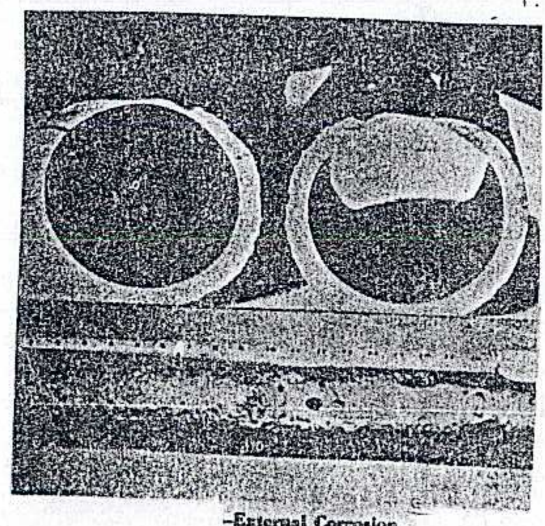
٤ ــ تشقق او انفصال في الانبوب كما في الشــكل رقــم ١٨٤ •



Selective Corrosion.

شــكل رقــم ١٨٤

٥ ــ التآكل الخارجي للانبوب وسببه وجــود مواد كبريتية بنسبة عالية في المــواد النفطيــة المستعملة في حــرق مشاعل الفرن كمــا في الشكل رقــم ١٨٥ •



-External Corrosion.

شــكل رقــم ١٨٥

وكما ان الانابيب التي تتعرض الى حرارات عالية في منطقة الاشعاع سوف تنحني الى الاسفل هذا النوع لايعتبر خطرا ولايستوجب القطع الا بعد الفحص الجيد ويمكن اختيار احد هذه الانابيب المنحنية كنموذج واذا وجد انه غير جيد فيمكن قطع انبوب اخر للتأكد من سلامة الانابيب المنحنية كما أن قرب الانبوب من النار يستوجب القطع لكونه اكثر الانابيب تعرضا الى التآكل والتلف • هذا الى

ان يتأكد الشخص الفاحص بان بقية الانابيب صالحة للعمل • اما اذا كانت الانابيب المستعملة تحوي على مناطق لحام فيجب فحص اللحام بواسطة الـ X-Ray او السوائل النافذة او الفحص البصري للتأكد من صلاحية اللحام لان اللحام قد يتشقق اثناء تعرضه الى حرارة عالية •

جميع مناطق الربط بواسطة الموسعات

Rolling يجب فحصها للتأكد من عدم وجود نضوح اثناء التشغيل السابق وهذا الفحص يتم عادة اثناء الفحص المائي وقد يتطلب الفحص هذا في بعض الحالات الى مرآة لمشاهدة المناطق غير

الممكن الوصول اليها وقد لايمكن مشاهدة النضوح خلال الـ ١٠ او ١٥ دقيقة الاولى لذا يجب الحفاظ على الضغط المائي لمدة لاتقل عن نصف ساعة ويمكن معالجة النضوح في الـ Rolling وذلك

بتوسيعها مرة أخرى وقد لاتنجح هذه الطريقة لوجود مواد كربونية بين الانبوب والمجمع •

كما يجب ملاحظة المنحنيات والمجمعات من حيث الضربات الميكانيكية المؤدية والتشققات والالتواءات عليها • يجب ملاحظة النهايات plugs التي تغلق نهاية المجمع وسمكها وسمك محل لالتصاق Seal ring الذي يمنع خروج المادة اثناء التشغيل وفحص مناطق اللحام للتأكد من عدم وجود تشققات التي قد تنتقل الى الانبوب او المجمع • لذا يجب فحص مقدار انج الى انجين على جوانب خط اللحام اي محل تأثر المعدن اثناء حرارة اللحام heat effected area بواسطة السوائل النافذة أو الاشعة السينية •

الفحص البصري الداخلي

يمكن فحص الانابيب من الداخل وبطول يصل الى ٣٠ قدم تقريبا وذلك بوضع ضوء على طرف من الانبوب والنظر الى داخل الانبوب من الطرف الثاني وبالعكس لتحديد التآكل الذي يحصل في داخل الانبوب •

او باستعمال جهاز الـ endo scope لمشاهدة سطح الانبوب من الداخل ولمسافة معينة • ويمكن تلخيص الحالات التي يمكن مشاهدتها بالفحص البصري من الداخل وهي :ـ

أ ـ التنقر الذي يحصل في داخل الانبوب •

ب ـ قلة سمك الانبوب وخاصة في النهايات •

ج ـ قطع المعدن اثناء التنظيف بواسطة الالات والعدد الميكانيكية •

د ـ فقدان الانبوب لمنطقة الـ flare او الـ Roll

و ـ فقدان المعدن بواسطة التعرية Erosion

نتيجـــة جـريان السـوائل والشـكل رقـم ١٨٦ يمثل نوعين من التاكل الذي وجد اثناء الفحص البصري من الداخل •

وكما ان الفحص الداخلي يتطلب تنظيـف للسطح الداخلي بصورة جيدة لتوضـيح معالـم السطح الداخلي على أحسـن وجـه •

أن منطقة الـ Roll تتعرض الى فقـدان السـمك وذلـك من جـراء وجود حركة غـير منتظمـة للسوائل الجارية في انداخل نتيجـة تغير أتجاهها في المنحنيات أو نتيجة لتوسيع الانبوب بواسطة الموسعات لعدة مرات • •

ان عدم تآكل الانبوب من الداخل بصـورة منتظمة وخاصة في مناطق الاشعاع لايمكن ملاحظته بواسطة الفحص البصري الداخلي لذا يجـب استعمال مقياس على شكل مقص واخذ قراءات على اقطار مختلفة او بواسطة الاشعة السينية او بواسطة جهاز الذبذبات فوق الصوتية •

وقد تحصل نفس الحالة من التآكل غير المنتظم في انابيب الحمل وخاصة الانابيب القريبة مـن الجدران حيث أن هذه الانابيب تتعرض الى ترسبات على جدرانها الخارجية مما تسبب في ارتفاع درجة الحرارة في المنطقة المترسبة وبالنتيجة زيـادة فـي التآكل في هذه المنطقة •

الفحص بواسطة المطرقة

الفحص بواسطة المطرقة يتم بطرق السـطح الخارجي للانبوب للدلالة على سمك الانبوب ومتانته حيث ان كيفية رد فعل المطرقة ومقاومة السـطح والرنين والصوت المنبعث عند الضرب يدل دلالـة تقريبية على سمك المعدن.وتزداد الدقة في التقدير حسب خبرة الشخص الفاحص ويختلف صـوت المطرقة باختلاف سمك المعدن ووجود المواد المترسبة على داخل الانبوب وخارجه وكيفية وضع المسـاند وابعادها الخ • فحص الانابيب التي تحوي علـى نسبة من الكروم والنيكل او **Stainless steel** يجب عدم طرقها بقوة حيث ان محل الضربة عنـد هذه الانواع من الانابيب تتكون فيها اجهـادات تسبب في تشقق او زيادة في التآكل عند التشغيل •

سمك المعـدن

لتحديد سمك المعدن في الانابيب والمجمعـات اهمية كبرى لدى الشخص الفاحص ويمكن حصرها في النقاط التالية :ـــ

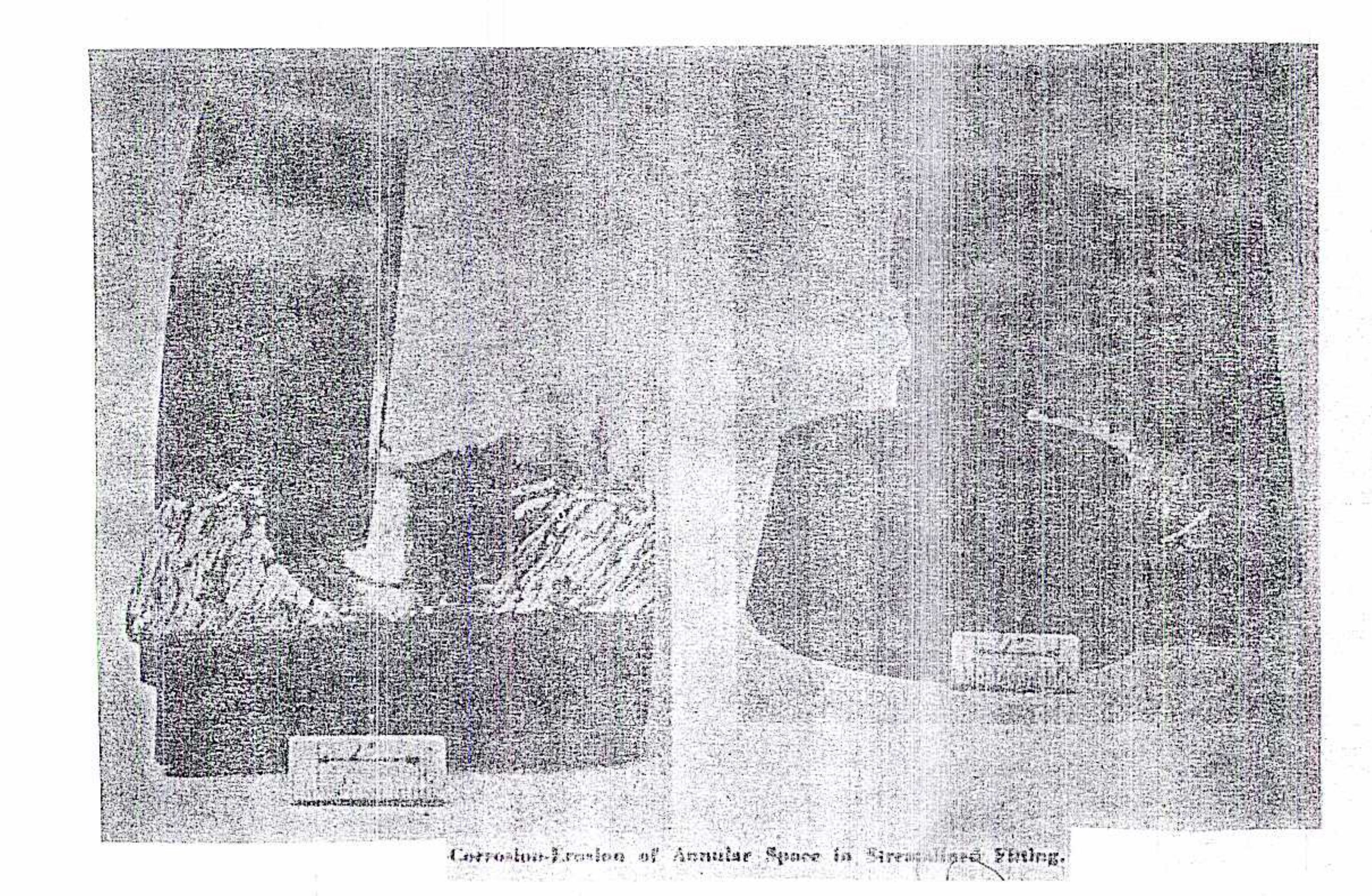
١ ــ السمك الواجب وجوده لتحمـل الضغط والحرارة والوزن الخ •

٢ ــ السمك الحقيقي:وهو السمك اعلاه مضـافا اليه سمك التآكل والمسمى بـ Corrosion allowance

٣ ــ السمك المفقود،وهو السمك الذي فقد اثنـاء التشغيل الاخير •

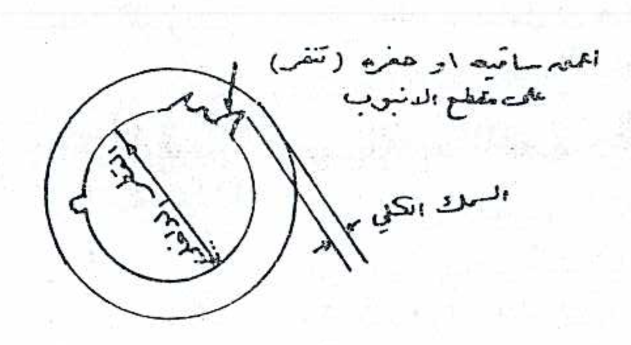
٤ ــ السمك المحتمل للفقدان:وهو السمك الـذي يتوقع الشخص الفاحص فقدانه اثناء التشغيل القـادم •

وكما يجب ان نعرف هنا كيفية قياس السمك والشكل رقم ١٨٧ يبين ماهو السمك الكلي لانبوب متآكل يمكن تشغيله فترة اخرى •



Corrosion-Erosion of Annular Space in Streamlined Fitting.

شكل رقم ١٨٦



شـــكل رقـــم ١٨٧

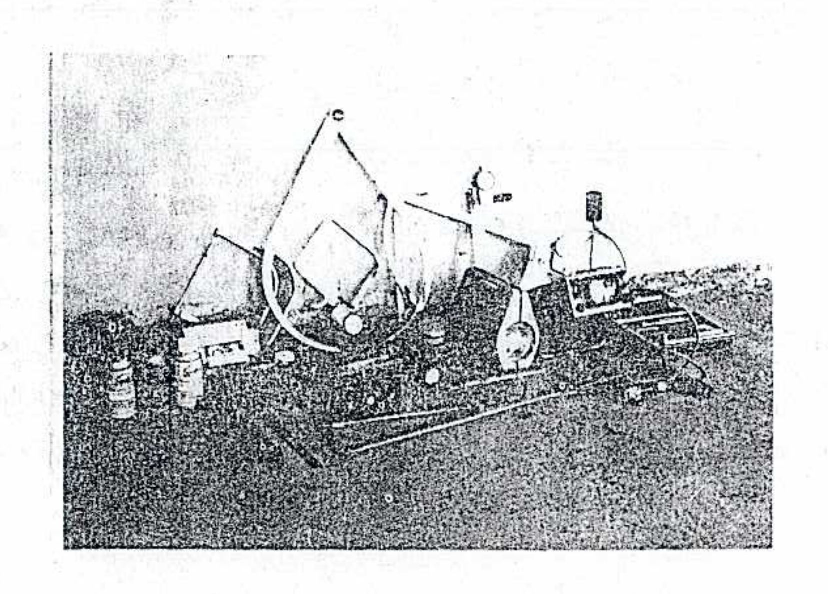
ولاهمية قياس السمك هنالك طريقتان :ـ

١ ـ الطريقة المتلفــة

ويتم قياس السمك بهذه الطريقة عن طريــق ثقب الانبوب ثم ادخال الفرجال من هذا الثقــــب وقياس السمك ويكون قطر الثقب هذا من ١٦/٥ انج بالنسبة لسمك ٤/٣ انج و ١٦/٧ انج لسمك (١) انج وهذه الطريقة غير جيدة لانها تتلف الانبوب •

٢ ـ الطريقة غير المتلفــة

يمكن الحصول على سمك المعدن وذلك باستعمال الفرجال وقياس القطر الداخلي والخارجي ثـــم الحصول على السمك بواسطة الفراجيل المختلفــة الاشكال والاحجام المتوفرة في الاسواق كما فـــي الشـــكل رقـــم (١٨٨) •



شـــكل رقـــم (١٨٨)

أو بواسطة جهاز الذبذبات فوق الصـــوتية الذي هو افضل واسرع وارخص طريقة للقيــاس • يجب ان تناط مهمة القياس الى اشخاص مدربــين على هذه الاجهزة •

وهناك طريقة قياس بواسطة الاشعة السينية التي يمكن الاعتماد عليها في القياس ولكنها بطيئـة وغالية التكاليف •

الفحص بالضغط المائـي

عند وجود تبديل أو تصليح أو فتح على الانابيب والمجمعات في الفرن فيجب فحص الفرن بالضغط المائي وذلك بادخال الماء الى داخل أنابيب الفرن ثم زيادة ضغطه الى ضغط الفحص المائي المقرر ويكون مقدار هذا الضغط (١½) بقدر أعلى ضغط تشغيلي للفرن عادة أو حسب ماهو مصمم ويترك نصــف ساعة على الاقــل •

يجب أيضا فحص الماء الداخل الى الفرن للتاكد من خلوه من الكلورايد الذي يسبب خطرا علـــى أنابيب الفرن وخاصة انابيب الفولاذ المقـــاوم للصـــدأ Stainless steel وعدم ترك الماء في الفرن لمدة طويلة حيث قد يتجمد أثناء الشـــتاء البارد أو يزداد الضغط اثنـــاء الصــيف الحـــار •

وعند وجود الضغط يجب فحص محلات الموسعات والروابط Flanges وفحص مقياس الضغط اثناء الفحص وقبله للتاكد من عدم وجود أي أختلاف وثم تفريغ الماء وتجفيف الفرن بواسطة البخار عادة ثم البدء بالتشغيل • وكما يجب ملاحظة الفتـــرة الواقعة بين التجفيف والتشغيل حيث يجب أن تكون أحدى صمامات التنفيس مفتوحة لئلا يتكون داخل انابيب الفرن تخلخل في الضغط نتيجة تكثف البخار . وحصول ضرر للانابيب والمجمعات •

الفحص المختبري وبعض الفحوصات الاخرى

أن معدن انابيب ومجمعات الفرن قد يتعرضــ الى تغيير في تركيبه مما يفقده الخواص الميكانيكية الاساسيةفي الصلابة ومقدار مايتحمله من الاجهادات

وتاتي تلك عن زيادة أو نقصان في نسبة الكاربـــون في المعدن أو بداية التشقق المتاتي من الاجهـــادات والكلل وبعض أنواع تفاعل الهيدروجين مع المعدن ولايمكن التاكد من هذه الحالات الا عن طريــــق فحص مختبري وفحص نماذج من اجزاء الفـــرن وهذا بطبيعة الحال هو فحص متلف لانه يتطلـــب أخذ عينة من الانابيب او المجمعات الى المختبـــر •

ولكن هنالكفحوصات أخرى لهذا النوعبواسطةجهاز الذبذبات فوق الصوتية أو المحاليل الكيمياوية أو الفحص بواسطة المغناطيس ودقائق الحديد التـــي هي من الفحوصات غير المتلفة •

توســـــيع الانبـــــوب

هنالك طريقة شائعة للربط بين الانبوب والمجمع في افران المصافي وذلك بواسطة توسيع Rolling الانبوب داخل المجمع ويجب اتباع الطرق الصحيحة في الفحص والعمل للحصول على ربط جيد بـــين الانبوب والمجمع ويتم الفحص هذا على مرحلتين :—

أ ـ عند تحضير الانبوب والمجمع تؤخذ القياسات المطلوبة وتفحص محلات الربط فحصا دقيقا للتأكد من نظافتها •

ب ـ عند اكمال التوسيع حيث تفحص كيفية الربط والقياسات الحقيقية •

كيفية حساب اقل سمك

ان سمك الانبوب والمجمع هو الذي يمنع نضوح المواد النفطية الى غرفة الفرن كما ان السمك له علاقة مباشرة بدرجات الحرارة والضغط ونوعية المادة الداخلة والخارجة من الفرن وعلى ضوئها يتحدد في كثير من الحالات طول الانبوب والمساند وحجمها •

وهنالك طريقة معادلة bar-Low في حساب سمك الانابيب وكذلك سمك الاشكال المختلفة للمجمعات التي يضاف اليها سمك اضافي يسمى بسمك الشكل المعقد •

وان السمك بهذه الطريقة او الطرق العلمية الاخرى هو سمك نظري فقط واقل من السمك العملي الواجب العمل به في الافران ولاجل الحصول على السمك العملي يجب حساب الاجهادات والاثقال وكيفية جمع هذه الاجزاء عند النصب والنقل •••الخ

الاسس الكونكريتية :ـ

ان كل الاسس الكونكريتية الموجودة تحت الفرن والمدخنة تنغمر الى الاسفل بنسب قليلة من جراء الوزن الموجود وقد يكون الانغمار كبير الكمية مما يسبب مشاكل كبيره مثل التشققات والانبعاجات والتهدم الذي يحصل على الفرن او المدخنة او تسبب في اجهادات كبيرة على الانابيب المربوطة بالفرن وحتى على بقية اجزاء الوحدة الاخرى • وقد تسبب في نضوحات مختلفة الانواع ويجب معالجة هذا النوع مباشرة وفحص جميع الانابيب المربوطة فحصا دقيقا لمعرفة هل ان هنالك اجهادات او تمددات حصلت في الانابيب بسبب هذا الانغمار ام لا •

وقد تتطلب الحالة الى رسم خط بياني لمقدار الانغمار لكي يكون الشخص الفاحص على بينة بما يحدث في الفرن او الوحدة • وقد تسبب الحرارة العالية المتأتية من الفرن فقدان الكونكريت للماء الموجود فيه وبذلك يتحول الكونكريت الى مادة هشة غير قابلة لتحمل الوزن المصمم عليه • أو قد يحصل تشقق في الكونكريت نتيجة الانفجار أو الاهتزاز ويسبب هذا الشق الى دخول الماء ومواد متآكلة اخرى الى التسليح الحديدي داخل الكونكريت وتسبب في تآكلها مما تضعف قوة ومتانة الكونكريت •

فحص الهيكل

يجب فحص الهياكل الحديدية او الكونكريتية بالنظر أو المطرقة لملاحظة الانحناءات المتأتية من زيادة التحمل او قوى عرضية او تأثير الحرارة على هذه الاجزاء وقد تتأثر هذه الاجزاء من جراء التآكل وفي مثل هذه الحالة يجب حساب هذا الجزء بدقة وكيفية اعدادخطة لتصليحه •

محلات الوقوف والسلالم والهياكل الخارجية والجدران الحديدية والصبغ ومقدار تأثره بالحرارة يجب فحصها بالنظر او المطرقة لمعرفة مدى تأثير التآكل او التشغيل عليها .

كما يجب فحص ابواب مراقبة النار Inspection doors للتأكد من تسرب الهواء منها الى الداخل أو بالعكس . كما أن فحص البناء الحراري والطابوق الناري من الداخل ومقدار وحجم التشققات الموجودة فيها تؤثر تأثيرا مباشرا على الهيكل من تآكل او زيادة في الحرارة ... الخ.

فحص المشاعل

يجب فحص المشاعل بواسطة النظر اثناء التشغيل وتسجيل التصليحات الواجب اتخاذها عند التوقف السنوي او قد تتطلب الحالة الى تصليح فوري او تغيير نوع المشعل اضافة الى فحصها عند التوقف السنوي لان وجود مشاعل تعمل بصورة غير مرضية تسبب في زيادة التآكل او حرق لاجزاء الفرن نفسها من انابيب ومجمعات .. الخ

فحص القنوات

قنوات الهواء الخارج والداخل الى الفرن تكون اما مغلقة من الخارج او الداخل او بدون تغليف حيث يعتمد على درجة الحرارة لذا يجب فحصها اثناء التشغيل وتسجيل المناطق المتأثرة بالحرارة لفحصها او تصليحها في التوقف السنوي . كما يجب فحص خطوط اللحام او محلات الربط بالمسمار للتأكد من صلاحيتها كما ان تشققات داخلية للتغليف تؤثر على السطح الخارجي للقنوات .

فحص المداخن

يجب فحص المداخن من محلات وقوف وسلالم او محلات اللحام بالنظر والمطرقة كما ان حرق الصبغ الموجود على المدخنة يدل دلالة واضحة ان هنالك ضرر في البناء الحراري الداخلي ان وجد وفحص البناء الداخلي وحبال الرفع (المستعملة لرفع المواد الى الاعلى)،كما يجب فحص الموصل الارضي للمدخنة الذي يجب ان لاتقل مقاومته عن ٢٥ أوم . وباختصار يجب فحص جميع أجزاء المدخنة من قبل شخص فني متدرب .

فحص الاجهزة الدقيقة

ان الاجهزة الدقيقة المنصوبة على الفرن او الوحدة هي عماد عمليات التشغيل السليم والجيد لذا فان فحص هذه الاجهزة دوريا أثناء التوقف، وتبديل او تصليح هذه الأجهزة تعتبر من النقاط الاساسية في الفحص وكما يجب فحص الانابيب والاسلاك الموصلة الى هذه الاجهزة للتأكد من عدم وجود كسر او نضوح فيها .

نافخات الهواء

يجب فحص نافخات الهواء عند التشغيل وتصليح ما يتطلب منها عند التوقف السنوي لان توقف النافخة لاي سبب كان قد يسبب في توقف الفرن والوحدة بالطبع . كما يجب فحص المدحرجات Bearing فحصا دقيقا وملاحظة ان درجة حرارة المدحرج لاتزيد عن ١٦٠°ف عند التشغيل وتزييتها وملاحظة الأصوات غير الطبيعية التي

تحدث في النافخة والعمل على معالجتها وكما ان الربط بين النافخة والجزء المحرك لها ان لم يكن متوازنا يسبب في سرعة عطل المدحرجات وتلفها •

التقارير

تعتبر التقارير التي تخص فحص الفرن والتصليحات التي أجريت عليه هي العمود الفقري في اي فحص او عمل يقوم به الشخص الفاحص ويجب الحفاظ عليها بصورة جيدة بعيدة عن التلف •

وان التقرير الجيد هو التقرير الذي يحوي على جميع المعلومات التي تخص الفرن منذ البداية (بداية نصب الفرن) لحين الفحص الاخير وهنالك فرق بين التقرير الذي يخص القسم والادارة وبين التقرير الذي يخص العمل في الحقل او التقرير الذي يخص الشخص الذي يقوم بالفحص حيث يجب ان تكون المعلومات (في تقرير الحقل) قليلة ووافية العمل فقط كما ان المعلومات التفصيلية يجب ان تكون هي الاخرى متوفرة للرجوع اليها عند الطلب •

الصور الفوتوغرافية والمخططات التي تخص الفحص تكون مفيدة وخاصة عندما يجد الشخص الفاحص انواع غريبة من حالات التآكل وماشابه وكما ويجب أن تكون معلومات الفحص متوفرة في كل دائرة •

يجب فحص سمك الانبوب والمجمع عند النصب أي قبل التشغيل لانه في اكثر الحالات هنالك اختلاف بين الخرائط واوامر الشراء وبين ماهو موجود فعلا في الفرن • ولاجل توضيح التقرير نجد الشكل رقم (١٨٩) الذي تعمل به احدى الشركات الفاحصة للافران •

Plant ____________
Battery ____________
Tube Layout Drawing ____________
Date ____________

TUBE INSPECTION RECORD

History of All Tubes

(Sample Report)

Tube No.	Date Installed	Tube: Material	Tube: Original Inside and Outside Diameter (inches)	Tube No.	Date Installed	Tube: Material	Tube: Original Inside and Outside Diameter (Inches)
Economizer				*Side Wall (Contd.)*			
1 to 126	2-24-27	1	3.5 by 2.7	8	7-23-32	2	4.5 by 3.5
				9	4-24-32	2	4.5 by 3.5
Preheater				10	7-17-31	1	4.5 by 1.5
1	12-16-30	2	4.5 by 3.5	11	4-24-32	2	4.5 by 3.5
2	2-29-32	1	4.5 by 3.5	12	1-10-29	1	4.5 by 3.5
3 to 8	4-17-30	2	4.5 by 3.5	13	4-27-32	2	4.5 by 3.5
9	9-19-30	2	4.5 by 1.5	14 to 15	1-10-20	1	4.5 by 3.5
10 to 22	4-17-30	2	4.5 by 3.5	16 to 25	4-24-32	2	4.5 by 3.5
23	9-19-30	2	4.5 by 3.5	26	1-22-32	2	4.5 by 3.5
24 to 82	4-17-30	2	4.3 by 3.5	27	1-29-32	2	4.5 by 3.5
83	4-17-30	1	3.5 by 2.7	28	1-10-29	1	4.5 by 3.5
84 to 92	10-26-32	1	3.5 by 2.7	29	7-23-32	2	4.5 by 3.5
93 to 94	4-24-32	1	3.5 by 2.7	30	1-15-32	1	4.5 by 3.5
95 to 102	10-26-32	1	3.5 by 2.7	31	7-16-32	2	4.5 by 3.5
103 to 104	4-17-30	1	3.5 by 2.7	32	1-15-32	1	4.5 by 3.5
105 to 106	10-26-32	1	3.5 by 2.7	33	4-27-33	2	4.5 by 3.3
107 to 114	2-24-27	1	3.5 by 2.7	34	12-26-32	2	4.5 by 3.5
				35	4-5-33	2	4.5 by 3.5
Side Wall							
1	7-8-31	1	4.5 by 3.5				
2	1-15-32	1	4.5 by 3.5				
3	12-17-31	1	4.5 by 3.5				
4	7-23-32	2	4.5 by 3.5				
5	1-4-32	1	4.5 by 3.5				
6	7-31-32	2	4.5 by 3.5				
7	1-4-32	1	4.5 by 3.5				

NOTES:

Group tubes under headings: Preheater, Side Wall, Vertical, Roof, Economizer, etc.
Consecutive tubes having same history may be grouped.

Kind of Steel

1. Plain carbon
2. 4 to 6 percent chrome
3. 2 percent chrome, 0.5 percent molybdenum
4. 4 to 6 percent chrome, 0.5 percent molybdenum
5. 9 percent chrome, 1.5 percent molybdenum
6. 14 percent chrome
7. 18-8 chrome nickel
8.
9.

Method for Reporting Welded Tubes

1—1 for welded carbon steel
2—2 for welded 4 to 6 percent chrome steel
7—2 for 18-8 steel welded to 4 to 6 percent chrome steel

Method for Reporting Upset-End Tubes

Symbol denoting kind of steel followed by "u," such as 1u, 5u, 7u, etc.

Method for Reporting Tubes with Tube-End Liners

Symbol denoting kind of steel followed by "L," such as 2L, 4L, etc.

شكل رقم (١٨٩)

والشكل رقم (١٩٠) يبين لنا وضع الانابيب في الفرن وكيفية مرور المادة الداخلة وكذلك الانابيب التي أستبدلت والتي ستبدل والتي يمكن أن تكون بالوان مختلفة لسهولة التوضيح من قبل الشخص الفاحص .

وهذه الصورة تمثل كيفية تهيئة تقرير انابيب الفرن بعد الفحص وعند تحضير الفرن للعمل ثانية في الوحدة .

NOTES:

1. Copy of diagram to be sent in with tube inspection record after each periodic inspection and test.
2. Color all tubes which are approaching minimum thickness at time of periodic inspection, in red.
3. Copy of this diagram to be sent in with tube renewal record, only when arrangement of tubes in heater has been changed.
4. Tubes shown in diagram but not in heater or in service to be crossed out.
5. Tubes actually in heater but not shown in diagram to be shown in their relative locations and given same number as adjacent tube with suffix "A."
6. Field to indicate actual flow when it disagrees with flow shown on diagram.

—Tube Layout Drawing: Atmospheric Heater—Crude Oil Pipe Still.

شكل رقم (١٩٠)

الشكل رقم (١٩١)

نجد من هذا الشكل ان الارقام العربية القديمة (الانكليزية العمودية) تمثل الابعاد المأخوذة فـــي الفحص السابق اما الارقام اللاتينيــــة (الارقام المائلة) تمثل الابعاد المأخوذة في الفحص الحالـــي اما الارقام الواقعة الى اليمين فتمثل الســـمك الضائع وهذه الصورة يمكن طبع نسخ عديدة منهـــا والعمل بها في الحقل مع الشخص الفاحص •

TUBE INSPECTION RECORD

Record of Tubes Calipered

(Sample Field Work Sheet)

Plant AIOB

Unit 301

Date

Sheet No.

Tube No.	Inside Diameter in Box (Inches) Top or Front	Inside Diameter in Box (Inches) Bottom or Rear	Inside Diameter in Furnace (Inches) Top or Front	Inside Diameter in Furnace (Inches) Bottom or Rear

Tube No.	Inside Diameter in Box (Inches)				Inside Diameter in Furnace (Inches)			
	Top or Front		Bottom or Rear		Top or Front		Bottom or Rear	
Economizer								
1	3.69		3.70		3.50		3.51	
	3.72	*.03*	*3.72*	*.02*	*3.51*	*.01*	*3.51*	*.00*
6	4.02	.03	4.08	.02	3.96	.02	3.95	.03
	4.06	*.04*	*4.11*	*.03*	*4.00*	*.04*	*4.00*	*.05*
20	4.10	.05	4.11	.04	4.01	.03	4.00	.02
	4.14	*.04*	*4.16*	*.05*	*4.03*	*.02*	*4.02*	*.02*
50	3.98	.06	4.00	.05	3.91	.04	3.98	.03
	4.05	*.07*	*4.04*	*.04*	*3.97*	*.05*	*3.95*	*.06*
Vertical								
1	4.48	.04	4.50	.03	4.32	.02	4.36	.04
	4.54	*.06*	*4.54*	*.04*	*4.35*	*.03*	*4.41*	*.05*
12	3.79		3.76		3.50	-	3.50	
	3.81	*.02*	*3.80*	*.04*	*3.52*	*.02*	*3.53*	*.03*
18	3.98	.05	4.00	.04	3.75	.03	3.70	.02
	4.06	*.08*	*4.05*	*.06*	*3.79*	*.04*	*3.74*	*.04*
49	3.87	.04	3.90	.05	3.61	.02	3.59	.04
	3.92	*.05*	*3.94*	*.04*	*3.62*	*.01*	*3.63*	*.04*

NOTES:
Arabic figures refer to previous inside diameter and change (copy to be typed at time of making inspection report, for use as field work sheet at next inspection).
Italic figures refer to current measured inside diameter and change.

شكل رقم (١٩١)

الشكل رقم (١٩٢) يمثل سمك الانابيـــب
المأخوذة عن طريق القياس بواسطة الاشعة السينية
او عن طريق اجهزة الذبذبات فوق الصوتية .

Instrument Caliperings

Section A-O-B

Unit 2,25
Date 13/6
Sheet No.

Tube No.	Thickness Measurements (Inches)						Tube No.	Thickness Measurements (Inches)					
	Top or Front		Middle		Bottom or Rear			Top or Front		Middle		Bottom or Rear	

شـــكل رقـــم ١٩٢

الشكل رقم (١٩٣) نجد من هذا الشكل معلومات عن جميع الانابيب التي استهلكت رقم تبديلها في الفحص الجاري والتي عن طريقها يمكن معرفة الاماكن المهمة في الفرن وعن معدن الانبوب الواجب اختياره .

TUBE RENEWAL RECORD

(Sample)

Plant .... Tube Layout Drawing No. ....

Battery .... Date ....

Tube No.	Date Installed	Tube Removed: Material	Tube Removed: Original Outside and Inside Diameter (Inches)	Inside Diameter in Box (Inches): Top or Front	Inside Diameter in Box (Inches): Bottom or Rear	Inside Diameter in Furnace (Inches): Top or Front	Inside Diameter in Furnace (Inches): Bottom or Rear	Cause of Removal	Date of Removal	New Tube: Material	New Tube: [illegible]
Economizer											
33	11-4-30	[illegible]	4.5 by 3.5	3.76	3.75	4.06	3.98	D	6-15-33	[illegible]	[illegible] by 3.5
34	11-4-30	[illegible]	4.5 by 3.5	3.72	3.78	4.00	4.08	D	6-15-33	1	[illegible] by 3.5
Vertical Section											
8	3-31-30	2	4.5 by 3.5	3.70	3.72	3.65	3.68	A	6-20-33	2	4.5 by 3.5
9	3-31-30	2	4.5 by 3.5	3.70	3.75	3.62	3.65	B	6-20-33	2	4.5 by 3.5

NOTES:

Group tubes under headings: Preheater, Side Wall, Vertical, Roof, Economizer, etc.
Report to be filled out and sent in as monthly report or as periodic inspection and test report when tubes are renewed.
Calipering reported as "Inside Diameter in Box" to be taken within 3 in. from each end of tube.
All tubes removed for any reason whatsoever shall be shown and reported.
Use two or more sheets of this form if necessary to cover all tubes renewed.

Kind of Steel

1. Plain carbon
2. 4 to 6 percent chrome
3. 2 percent chrome, 0.5 percent molybdenum
4. 4 to 6 percent chrome, 0.5 percent molybdenum
5. 9 percent chrome, 1.5 percent molybdenum
6. 14 percent chrome
7. 18-8 chrome nickel
8.
9.
10.
11.
12.

Causes of Removal

A. Split tube
B. Burned due to split tube
C. Bulged in operation
D. Thin tube
E. Other causes
F. Burned in operation

Method for Reporting Welded Tubes

1—1 for welded carbon steel
2—2 for welded 4 to 6 percent chrome steel
7—2 for 18-8 steel welded to 4 to 6 percent chrome steel

Method for Reporting Upset End Tubes

Symbol denoting the kind of steel followed by "u," such as 1u, 5u, 7u, etc.

Method for Reporting Tubes with [illegible] End Liners

Symbol denoting the kind of steel followed by "L," such as 1L, 4L, etc.



شكل رقم (١٩٣)

والشكل رقم (١٩٤) يمثل جدول للمعلومـات التي تخص مناطق التوسيع Rolling end في الانابيـب .

FIELD WORK AND RECORD SHEET

Tube-Rolling Data

(Sample)

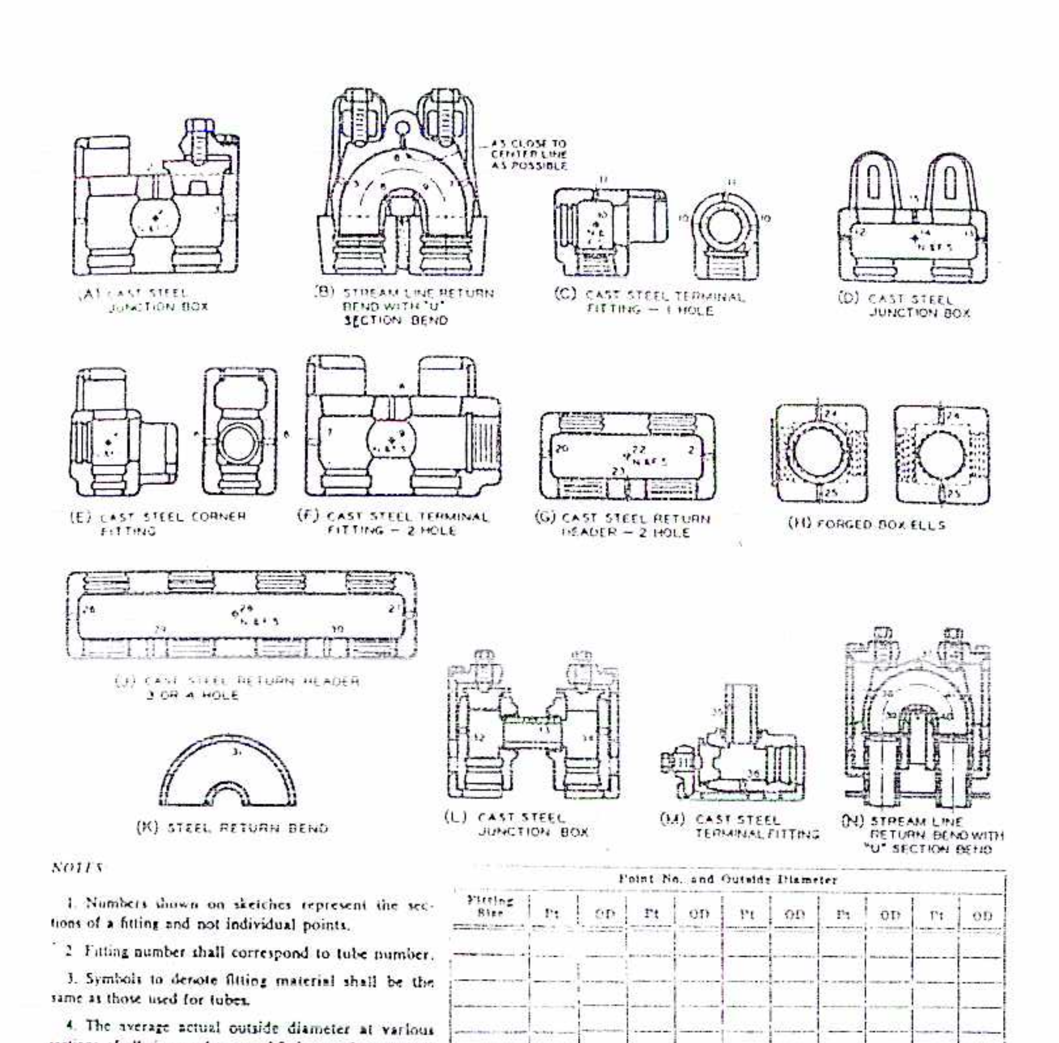
Type of Battery ____________________ Plant ____________________

Battery No. ____________________ Date ____________________

		Front or Top Dimensions (Inches)						Rear or Bottom Dimensions (Inches)					
			Tube End						Tube End				
		Inside Diameter of Tube Hole	Outside Diameter	Inside Diameter		Inside Diameter in Roll		Inside Diameter of Tube Hole	Outside Diameter	Inside Diameter		Inside Diameter in Roll	
Tube No.	Material			In Box	In Furnace	Required	Actual			In Box	In Furnace	Required	Actual
Side Wall													
8	1	4.54	4.50	3.50	3.50	3.70	3.69	4.53	4.51	3.51	3.51	3.69	3.69
10	3	4.58	4.51	3.51	3.50	3.74	3.74	4.57	4.50	3.50	3.50	3.73	3.75
19	2	4.56	4.48	3.52	3.52	3.76	3.77	4.55	4.48	3.48	3.49	3.71	3.72
26	4-U	4.53	4.50	3.34	3.49	3.55	3.56	4.53	4.50	3.35	3.50	3.56	3.55
Preheater													
2	1-U	4.53	4.50	3.34	3.49	3.55	3.56	4.54	4.50	3.33	3.50	3.55	3.54
8	3-U	4.54	4.51	3.35	3.48	3.56	3.56	4.56	4.49	3.34	3.48	3.60	3.61
9	4-U	4.56	4.50	3.32	3.50	3.56	3.57	4.55	4.51	3.33	3.51	3.55	3.56
10	4	4.53	4.48	3.36	3.50	3.62	3.63	4.53	4.49	3.35	3.50	3.57	3.57
85	1-1	3.54	3.50	2.70	2.85	2.88	2.88	3.55	3.49	2.69	2.86	2.89	2.90
87	1-U	3.55	3.48	2.56	2.69	2.78	2.79	3.56	3.50	2.54	2.68	2.76	2.77
88	2-2	3.56	3.51	2.69	2.75	2.88	2.89	3.54	3.50	2.70	2.79	2.88	2.89
90	4-2	3.54	3.50	2.70	2.84	2.88	2.87	3.54	3.51	2.71	2.80	2.88	2.87

شكل رقم (١٩٤)

والشكل رقم (١٩٥) يمثل جـــدول للمعلومات
والقياسات التي تخص المجمعات والمنحنيات •



NOTES

1. Numbers shown on sketches represent the sections of a fitting and not individual points.
2. Fitting number shall correspond to tube number.
3. Symbols to denote fitting material shall be the same as those used for tubes.
4. The average actual outside diameter at various sections of all sizes and types of fittings on heater shall be reported in table provided on the right.

Fitting Size	Point No. and Outside Diameter									
	Pt	OD	Pt	OD	Pt	OD	Pt	OD	Pt	OD

—Inspection and Replacement Record of Heater Fittings.

شـــكل رقــــم (١٩٥)

والشكل رقم (١٩٦) يمثـــل جدولا للقياسات التي تخصـــص المجمعـــات والمنحنيـــات وتـــــــدل على المناطق المهمة الواجب فحصها بدقة .

التقرير النهائي

من الافضل أن يرفق مع هذا التقرير تقرير أخر يشير الى النقاط المهمة في الفرن ككل وتدرج فيـــه الارشادات والتوصيات اللازم اتخاذها للفحـــص الثانـــي .

INSPECTION AND REPLACEMENT RECORD OF HEATER FITTINGS

Record of Heater Fittings—Thickness and Replacement

(Sample Field Work Sheet)

Sheet No. ______

Location ______

Plant ______ Battery ______ Date ______

Fitting No. and Material	Point 1	Rate	2	Rate	3	Rate	4	Rate	Fitting No. and Material	Point 5-8	Rate	7-9	Rate	6	Rate	Annular	Rate
Economizer—Front									*Vertical—Top*								
1-P	1.20	.05	1.00	.04	1.15	.04	1.00	.06	10-P	0.87	.05	0.81	.04	0.90	.04	1.00	.06
	1.16	*.04*	*0.95*	*.02*	*1.10*	*.05*	*0.95*	*.05*		*0.80*	*.07*	*0.75*	*.06*	*0.85*	*.05*	*0.95*	*.05*
16-P	1.00	.04	1.02	.05	1.05	.05	1.01	.03	26-L	0.77	.02	0.75	.03	0.76	.02	1.02	.03
	0.95	*.05*	*0.98*	*.04*	*0.96*	*.09*	*0.95*	*.06*		*0.74*	*.03*	*0.74*	*.01*	[illegible]	*.01*	*0.98*	*.04*
29-L	1.07	.02	1.01	.01	0.90	.03	1.02	.01	30-P	0.65	.06	0.69	.05	0.70	.06	0.90	.05
	1.04	*.03*	*0.99*	*.02*	*0.86*	*.04*	*1.00*	*.02*		*0.60*	*.05*	*0.63*	*.06*	*0.64*	*.06*	*0.80*	*.10*
35-L	1.02	.03	0.90	.03	0.91	.03	0.95	.02	56-P	0.59	.07	0.61	.06	0.62	.05	0.85	.07
	0.98	*.04*	*0.85*	*.05*	*0.87*	*.04*	*0.93*	*.02*		*0.50*	*.09*	*0.53*	*.08*	*0.55*	*.07*	*0.80*	*.05*
42-L	0.95	.04	0.93	.04	0.80	.03	0.85	.03	58-L	0.59	.02	0.63	.03	0.61	.03	0.70	.04
	0.80	*.05*	*0.90*	*.03*	*0.75*	*.05*	*0.82*	*.03*		*0.55*	*.04*	*0.61*	*.02*	*0.58*	*.03*	*0.61*	*.09*
83-P	0.75	.06	0.85	.05	0.78	.04	0.80	.06									
	0.70	*.05*	*0.79*	*.06*	*0.75*	*.03*	*0.75*	*.05*									

NOTES:

Arabic figures refer to previous measured inside diameter and change, in inches.
Italic figures refer to current measured inside diameter and change, in inches.

شكل رقم (١٩٦)

خامسا :ـ فحص الانابيب

اعداد المهندس /

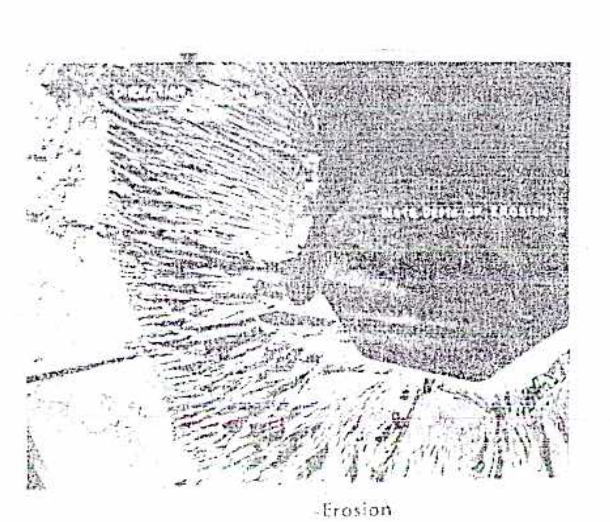
علي احمد مصطفى حمـاد

تصنع الانابيب من معادن حديدية أو غـير حديدية او من سبائك بطريقة اللحام او السـحب أو الصب ، والانابيب الحديدية أو السبائكية تصنع حسب مقاسات قياسية ولحد ١٢ بوصة اما سـمك الجدار فمتعدد القياسات لكل قطر وحسب جـداول قياسية ايضا ، وفي جميع الانظمة يبقى القطـر الخارجي للانبوب ثابت بغض النظر عـن سـمك الجدار وجميع الانابيب ولحد قطر ١٢ ـ يقصـد بمقـاس الانبـوب القطـر الاسـمي الداخلـي nominal inside diameter اما الانابيب ذات قطر ١٤ او اكبر فان مقاس الانبوب يعنـي القطـر الخارجي الفعلي ، ونظرا للظروف التشغيلية الصعبة في مصافي النفط فانه يستعمل فقط الانابيب غير الملحومة والمصنعة بالسحب Seamless drawn pipe

أسباب الاندثـار Causes of deterioration

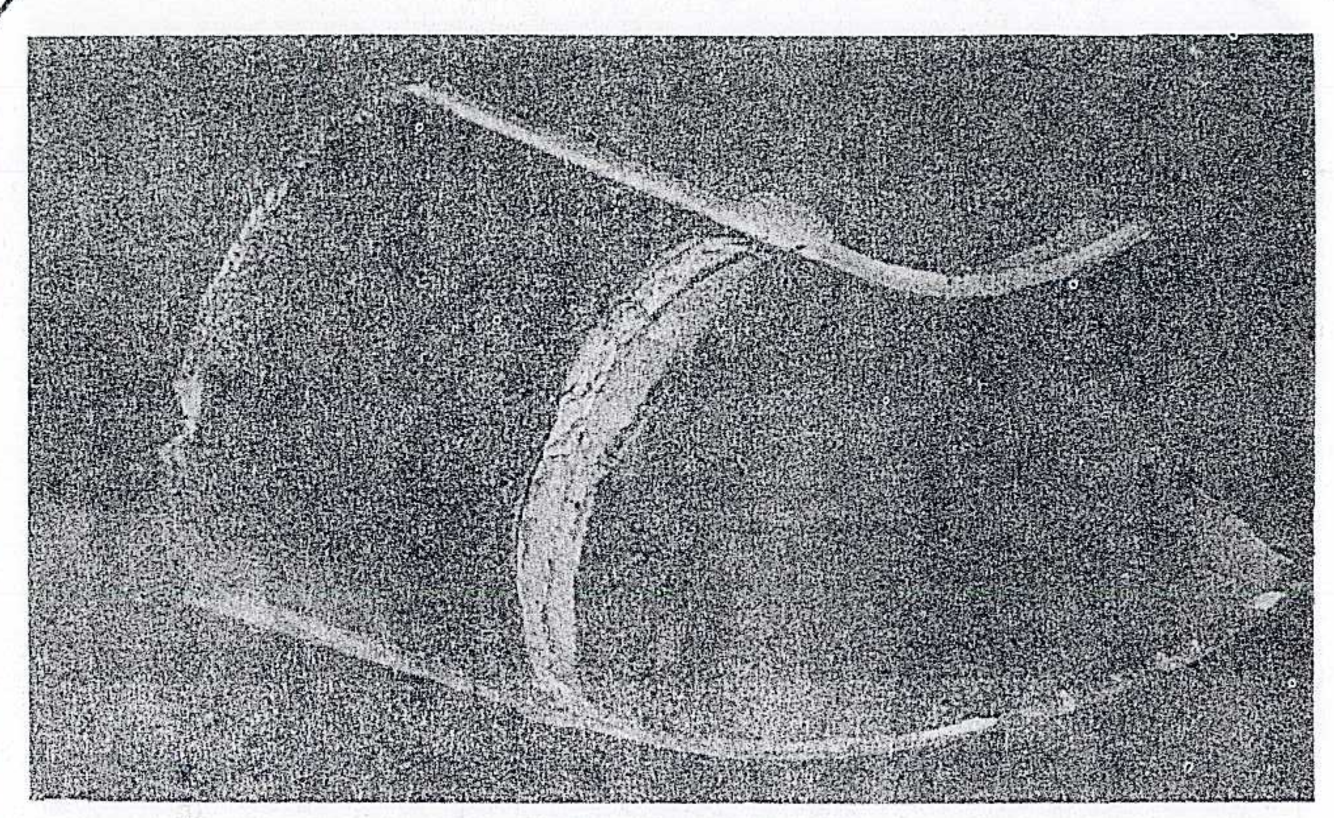
تتعامل الانابيب في مصافي النفط مع الزيـت الخام ومنتوجات التصفية المتعددة من سـوائل وابخرة وغازات منها الحامضية ومنها القاعديـة ، وتتعامل مع مواد كيمياويةمتعددة وبخار ماء ذو ضغط عالي او واطيء ومياه خام او مالحة وكذلك الانواع المختلفة من المواد المساعدة Catalysts

والغازات الخاملة والهيدروجين والكلور واول اوكسيد الكربون والامونيا ، وكثير من هذه المواد تسـبب التآكل او التعرية بدرجات مختلفة ، ومن ناحيـة اخرى فان الانابيب المكشوفة تتعرض للتآكل الجوي والانابيب المدفونة في باطن الارض تتعرض للتآكل الارضي والاشكال التالية توضح أنواع من التآكل والتعرية في الانابيب .



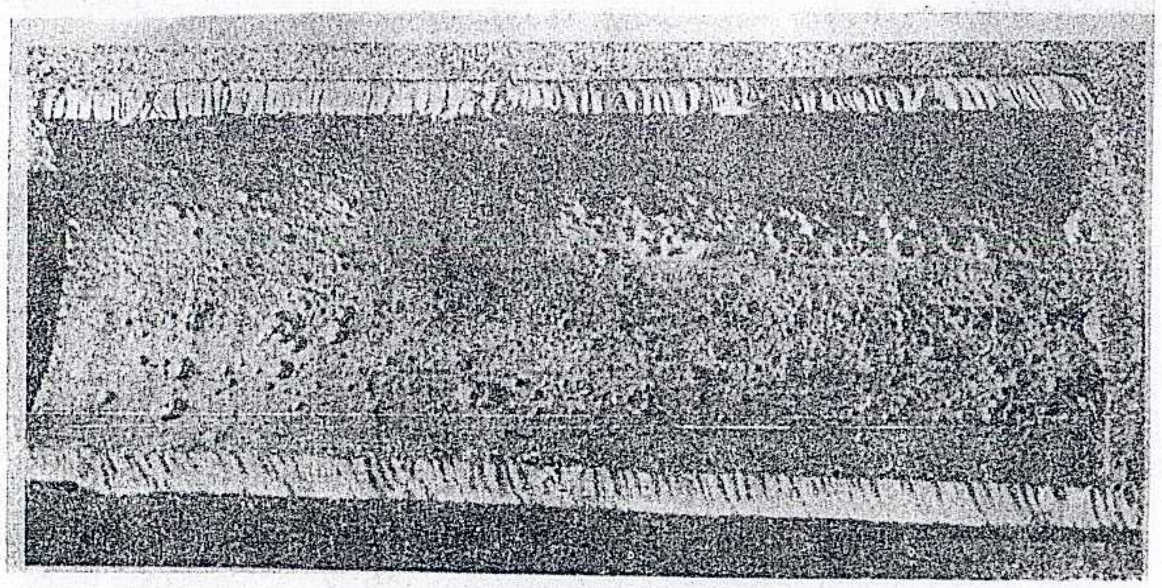
شكل رقم (١٩٧)

Erosion



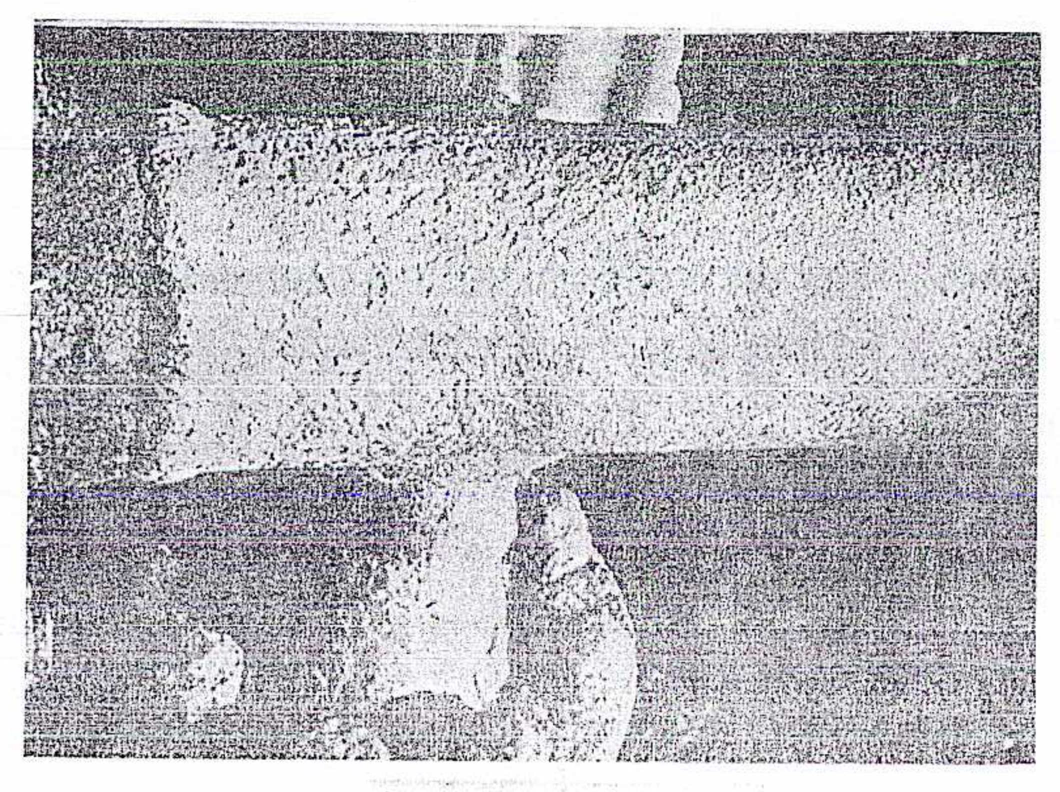
-Corrosion of Piping Weld.

شكل رقم (١٩٨)



-Internal Corrosion of Piping.

شكل رقم (١٩٩)



–Severe Atmospheric Corrosion of Piping.

شكل رقم (٢٠٠)

معــدلات الفحص

Frequency of Inspection

تعتمد معدلات الفحص للانابيب على مايلي: —

١ — درجة التآكل او التعرية التي تسببها المـــادة وظروف التشغيل والجو .

٢ — قابلية المادة للانفجار أو انضرام النار عنــــد حدوث أنهيار أو نضـــوح .

٣ — أهمية الانابيب بالنسبة لعمليات التشـــغيل الاخرى أو الخطورة على المعدات والاشخاص في حالة النضوح أو الانهيار .

٤ — معدل صلاحية الانبوب والفترة اللازمة لاعادة التنظيف

٥ — قابلية الانبوب لفحصه اثناء التشغيل بدلا من الانتظار لحين التوقـــف .

٦ — متطلبات برمجة التشغيل .

ويجب أن لايغيب عن الذهن منظومات الانابيب في الوحدات الجديدة يجـــب أن تفحـــص في أوقات متقاربة الى حين الوصول الى الخبرة الكافيه لمعرفة معدلات الاندثار في كل جزء من أجزاء المنظومة وفي ضوء ذلك يمكن تحديد معدلات الفحص المناسبة .

الفحص اثناء الاشـــتغال

يفضل في كثير من الحالات أن يتم فحص الانابيب

اثناء الاشتغال حيث يخفف ذلك كثيرا من حجم العمل اثناء توقف المعدات ، وفي الامكان ملاحظة مناطق النضوح أو هبوط الاساسات أو انكسار الحوامل وبراغي الرباط أو وجود اهتزازات عالية في الانابيب ، وكذلك يمكن فحص الانابيب من جراء التاكل الخارجي أو حالة العازل الخارجي • يمكن أجراء الفحص الشعاعي أثناء الاشتغال لغرض قياس السمك أو معرفة مقدار الرواسب ، أيضا قياس السمك بواسطة الذبذبات فوق الصوتية ويجب تسجيل هذه القراءات وملاحظة المناطق التي تقترب من السمك التقاعدي •

احتيـاطات الامـان

يجب أخذ احتياطات الامان عند ثقب الانبوب أو طرقة فيجب عزل الانبوب وتفريغه من الغازات القابلة للاشتعال أو الانفجار والغازات السامة أو الخانقة ، كما يجب تهيئة العمل للفحص مثل نصب السقالات وفتح العازل أو حفر الارض للانابيب المدفونة وتحضير معدات الفحص •

قياس السمك بالاجهزة فوق الصوتية والاجهزة الاشـعاعية

تستعمل أجهزة قياس السمك بالموجات فوق الصوتية والاجهزة الاشعاعية من قبل اشخاص مدربين تدريب جيد على أستعمالها ، وهناك حدود لاستعمالات مثل هذه الاجهزة — فبلورة الكوارتز في الاجهزة العاملة بالموجات فوق الصوتية تتلف في درجات الحرارة العالية والتي تزيد عن ٣٠٠ الى ٤٠٠ ف . ويعتمد ذلك على الفترة التي تبقى فيها البلورة ملامسة للسطح الساخن . ومع ذلك فتوجد بعض الانواع من الباحث المبرد بالماء والذي يستطيع العمل حتى درجة ١٠٠٠ °ف . أن الاجهزة فوق الصوتية والاشعاعية تعطي عادة القيمة المتوسطة للسمك . فاذا كان هناك تنقر في منطقة القياس لايمكن أكتشافه بسهولة . كما أن الرواسب الداخلية والقشور قد تعطي قراءات خاطئة وكذلك أيضا وجود تنقر خارجي أو قشور تعطي نفس النتيجة ، والاجهزة الشعاعية لاتستطيع قياس سمك أكثر من ٢/٤ أنج •

الفحص الطرقـي

يستعمل الفحص الطرقي لفحص الانابيب تساعد للفحوصات الاخرى ولاكتشاف المناطق المعيبة وغير المتوقعة مثل المنحنيات ، ولايجب أستعمال هذا الفحص مطلقا مع أنابيب الحديد الصب أو الانابيب العاملة حراريا لازالة الاجهادات والعاملة في مناولة المواد القاعدية أو المواد الخادشة وكذلك الانابيب المصنوعة من السبائك خشية التسبب في عمل شقوق جهدية ومن ناحية أخرى يجب أن لايكون الطرق قاسي بالدرجة التي يتلف الانابيب السليمة بها •

الفحوصـات الاخـرى

قد يستدعى العمل استعمال الفحص المغناطيسي أو الفحص بالسوائل النافذة للاكتشاف الشقوق — (يراجع الفصل الثاني) — أو قد يستدعي العمل حساب السمك التقاعدي للانبوب •

سادسـا

طريقة فحص صمامات الأمان

أعداد المهندس ـ بدري صالح جاسم

أنواع صمامات الامان

تستعمل صمامات الامان في المصافي لمنع أزدياد الضغط عن الحدود المسموح بها في أوعية وانابيب الوحدات التشغيلية حماية لها وللمشغلين • تقسم هذه الصمامات الى خمسة أنواع رئيسية ـ

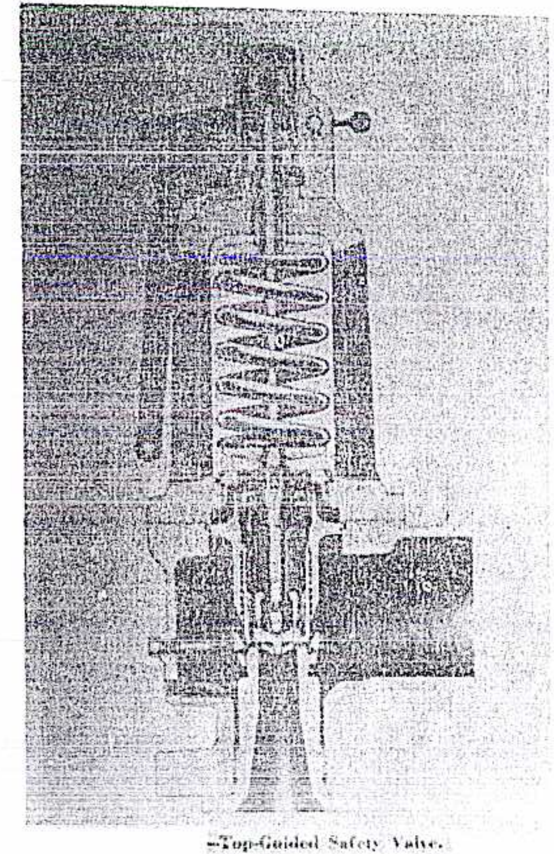
١ ـ الصمامات ذات النوابض Spring loaded
٢ ـ الصمامات ذات الاوزان weight loaded
٣ ـ الصمامات ذات الضغط Pessure loaded
٤ ـ الصمامات ذات الصمام الابتدائي pilot operated
٥ ـ أقراص الانفجار Rupture Discs

جميع الاجهزة اعلاه تعمل ذاتيا بضغط معين مسبقا

أ ـ صمامات السلامة Safety Valves

الوصف

تفتح صمامات السلامة ذاتيا من جراء ضغط ستاتيكي عليها وتتميز بفتح كلي مع صوت عالي pop تحتوي على نوابض مغلاة أو مفتوحة وتكون مجهزة بذراع بواسطته تفتح يدويا • الشكل رقم (٢٠١) يوضح أحد صمامات الامان المحتوي على نوزل ـ



Top-Guided Safety Valve.

شكل رقم ٢٠١

يعتبر ضغط الفتح هو الضغط الذي يفتح فيه الصمام كليا •

الاستعمال

تستعمل على المراجل البخارية وأنابيب الهواء والبخار •

حـــدود الاســـــتعمال

يجب أن لايستعمل صمام السلامة للحـــالات التاليـــة —

١ — حماية الاجهزة التي تحتوي على مواد ماكله corrosive

٢ — عندما يكون أنبوب الخروج من الصمام مربوطا على منظومة فيها ضغط •

٣ — أذا وجب أن يكون التنفيس في منطقة بعيدة

٤ — حماية الاجهزة المحتوية على سوائل

٥ — لاغراض تنظيم الضـــغط

ب — صمامات خفض الضـــغط Relief Valves

الوصـــف

وهذه تحتوي على نوابض وتفتح ذاتيا بضغط ستاتيكي بمقدار زيادة الضغط فـــوق الضـــغط المسموح بـــه • أي أنه هذه الصمامات لاتفتح كليا مرة واحدة • يعتبر ضغط الفتح هو الضغط الـــذي يبدأ الصمام فيه بالفتح • من المفضل فحص هـــذه الصمامات بالهـــواء •

الاســـــتعمال

تستعمل صمامات خفض الضغط بصورة رئيسية لحماية الاجهزة الحاوية على سوائل •

حـــــدود الاســـــتعمال

لاتستعمل هذه الصمامات في الحالات التالية : —

١ —حماية الاجهزة الحاوية على هواء ، بخار الماء ، الغازات أو الابخـــرة •

٢ — أذا كان الضغط المعاكس Back pressur متغير •

٣ — لاغراض تنظيم الضـــغط

ج — صمامات السلامة وخفض الضغط Safety relief Valves

الوصـــــف

هذه الصمامات ذاتية الفتح ذات نوابض تفتـــح بضغط ستاتيكي • تتميز بفتح سريع مع صوت pop وتستعمل كصمامات لخفض الضغط وكصمامات أمان حسب الاســـــتعمال •

يوجد نوعان رئيسيان الاعتيادية والمتوازنة •

الاســـــتعمال

تستعمل في الحالات التالية : —

١ — في الاستعمال الاعتيادي للمصافي لحمايـــة الاجهزة الحاوية على الغازات والابخرة وبخار الماء والهواء والسوائل

٢ — للمـــواد الماكلـــه corrosive

٣ — عندما يكون موقع التنفيس بعيدا عن موقـــع الصـــــمام •

حـــدود الاســـتعمال

لاتستعمل هذه الصمامات على المراجل البخارية ولا لاغراض تنظيم الضغط

تستعمل صمامات السلامة وخفض الضـــغط المتوازنة أذا كان الضغط المعاكس متغير أما النـــوع الاعتيادي فيستعمل أذا كان الضغط المعاكس ثابت

د — صمامات السلامة وخفض الضغط ذات الصمام الابتـــدائي

الوصـــــف

تتكون هذه الصمامات من جزئين رئيسيين ، وهذه السيطرة أو الصمام الابتدائي والصمام الرئيسي • يكون الصمام الابتدائي ذو نابض ويجهز كـل أو قسم من الضغط اللازم لفتح الصمام الرئيسي •

الاســــتعمال

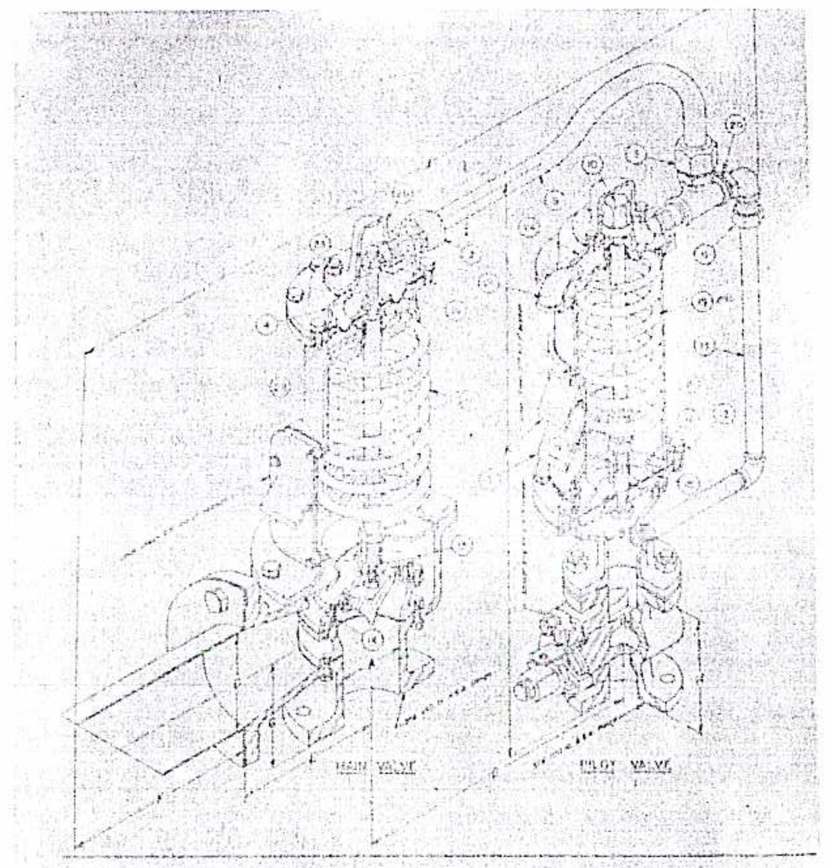
تستعمل هذه الصمامات عندما تكون كميــــة التنفيس عالية والفرق بين الضغط التشغيلي وضغط الفتح ضئيل •

حــــدود الاســــتعمال

لاتستعمل هذه الصمامات في الحالات التالية : —

١ — الاجهزة التشغيلية للمصافي
٢ — في حالة وجود ضغط معاكس
٣ — الاجهزة الحاوية على سوائل
٤ — أذا كانت درجة الحرارة أعلى مما يتحملـــه الحاجز المـــرن Flexible diaphragm

الشـــكل رقـــم (٢٠٢) يوضح أحد هـــذه الصمامات



Nomenclature:
4 = Main-valve top housing.
8 = Pilot spring adjusting nut.
10 = Pilot poppet assembly.
11 = Pilot diaphragm ring.
12 = Pilot spring housing.
13 = Main-valve pallet.
14 = Main-valve seat ring.
16 = Main-valve diaphragm.
17 = Main-valve spring.
18 = Pilot diaphragm.
19 = Pilot spring.
21 = Pilot seat.
24 = Pilot poppet housing.

Pilot-Operated Safety-Relief Valve

شكل رقم —٢٠٢—

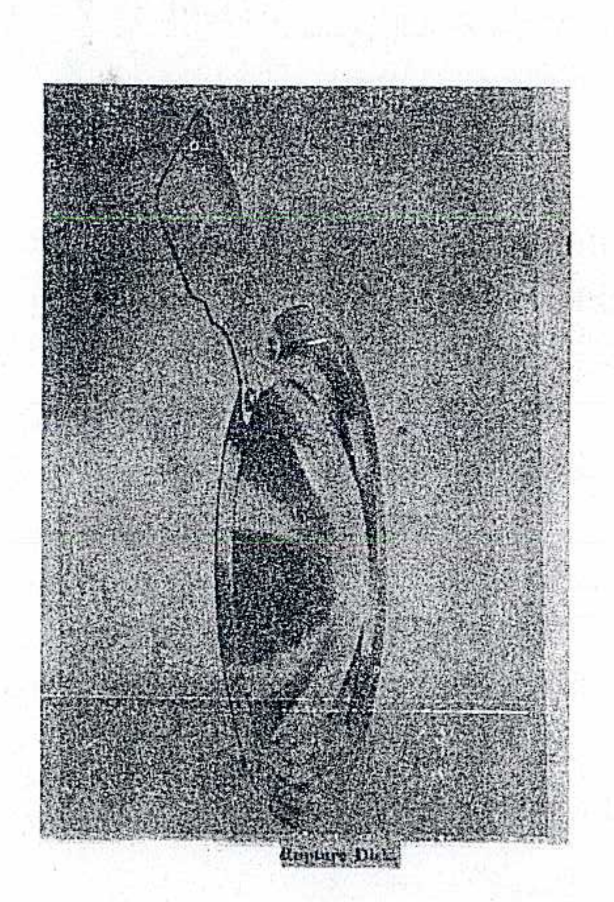
هـ ـ فتحات التنفيس ذات الضغط والفراغ
Pressure and Vacuum Vents

هذه الفتحات تستعمل على الخزانات النفطيـة وتفتح أما بضغط موجب داخل الخزان لغرضـ اخراج الغازات أو بضغط سالب حيث تسمح بدخول الهواء لتعادل الضغط ولمنع تحطم الخزان • يساط على هذه الفتحات أوزان باتجاه الضغط الموجـب والسالب وتكون هذه الاوزان معيره بحيث تفتـح فتحات التنفيس لضغوط قليلة جدا • من الممكـن وضع مانعة لهب بين هذه الفتحات والخزان لمنـع تسرب النار الى داخل الخزان •

و ـ أقراص الانفجـار Rupture Discs

الوصـــف

وهي عبارة عن أقراص معدنية رقيقة محصورة بين فلنجات مصممة لكي تتشقق ذاتيا تحت ضغط معين وذلك لحماية الاجهزة من الضغط الزائد • تصـنع أحيانا مع رباطات تمنع تشققها أذا حصل ضـغط فراغي • الشكل رقم (٢٠٣) يوضح أحد هـــذه الاقراص •



شـــكل رقـم ٢٠٣

الاســـــتعمال

تستعمل هذه الاقراص أحيانا في الحالات التالية:

١ ــ تحت صمام الامان لمنع أتصال المادة المائعه بالصـــمام وأتلافـــه

٢ ــ أذا لايؤثر أنفجار القرص على سير التشغيل

٣ ــ كاجهزة تنفيس أضافيـــة

حـــــدود الاســـــتعمال

١ ــ يجب أن يعادل الضغط التشغيلي (٦٦) بالمائة من ضغط أنفجار القرص أو أقل ٠

٢ ــ قد يفشل القرصـــ بعـــد فترة معينـــــــة نتيجة ظاهرة الزحف Creep وهذه الفترة تعتمد على درجة الحرارة والضغط ٠

٣ ــ لان القرص لايغلق بعد فتحه ، لذلك يجب عزل المنظومة التشغيلية عند أستبداله ٠

أسباب عدم أشتغال صمامات الامـــــان بصورة صحيحة ٠

١ ــ التــــآكل

معظم أنواع التاكل تتعرض لها الاجهزة النفطية، يسبب التاكل تنقر في الصمام أو كسر أحد أجزاءه أو تلف في سبيكة الصمام أو النابض ٠
تقل كمية التاكل باستعمال النوع المناســب مـــن الصمام والسبيكة المناسبة مع ضغط جيد عنـــد الصيانة السنوية وبحيث لاينضح الصمام عنـــد العمـل ٠

في بعض الاحيان تطلى الاجزاء الداخلية للصمام بطلاء مضاد للتاكـــل ٠

٢ ــ تلف سطح القاعـــدة

يجب أن يصان سطح القاعدة صيانة متكاملــــة بحيث نحصل على تماس معدني متماسك ٠أن حدوث أي فـــراغ في التماسك مهما كان صغيرا يؤثر على عمل الصمام كـــــكل ٠

أدناه بعض الحالات التي تسبب تلف في قاعدة الصـــمام ــ

ــ التاكــل

ــ القطع الغريبة التي تتحشر بين الســــطحين المتماسين الناتجة من الاوساخ ، نواتج التاكـــــل وغيرها وتحصل هذه الحالة أما عند التشغيل أو عند الصـــيانة ٠

ــ عندما يكون الانبوب المغذي للصمام طويلا جدا ٠ هذه الحالة تسبب ذبذبة في القاعدة وارتخائها ونضوح الصمام ٠ يعود السبب الى حصول تخلخل في الضغط بحيث يفتح الصمام ويغلق بين آونـــــة وأخرى مسببا تلف القاعـــدة ٠

ــ المناولة الخشنة كرمي الصمام من مرتفـــــع أو تخديشـــه ٠

ــ عدم شد أجزاء الصمام بصورة صحيحة أو عدم وجود دعائم كافية٠
بحيث يسلط جهد على الانابيب ونتحرك أثنــــاء التشـــــغيل ٠

٣ ــ أنكســـار النوابض

ينكسر النابض في معظم الحالات نتيجة التاكل ٠ يوجد نوعان رئيسيان من التاكل تسبب أنكســـــار

النابض —

— التآكل العام الذي يقلل من قطر النابض بحيث لايتحمل القوة المسلطة عليه • أو حصول تنقر في سطح الصمام التي تعتبر نقاط ضعف فيه •

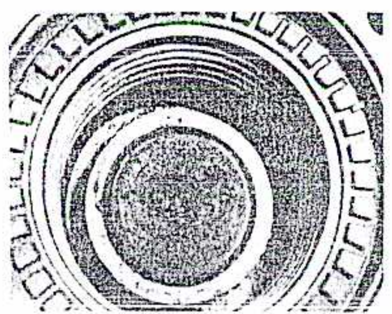
— التآكل الجهدي الذي يكسر النابض بسرعـــة ومن الصعب جدا الكشف عن هذا التآكل قبـــــل حصوله • قد يحصل التآكل الجهدي عند وجـــود غاز كبريتيد الهايدروجين • الطريقة المثلى للمعالجة هي أستعمال سبائك مقاومة للنوابض • والشــــكل رقم ٢٠٤ يبين أحد النوابض المكسورة نتيجة التآكل الجهــــدي

٤ — الضــبط غير الجيـــد Improper Setting

الضبط غير الجيد يكون عادة ناتج عن أهمال عمال الصيانة أو قلة خبرتهم في عملية الضبط ومـــــن المستحسن أن تتم عملية الضبط للصمام في مكانـــه على الوعاء أو الجهاز طالما كان ذلك في الامــــكان وباستعمال نفس المائع لحالة التشغيل الطبيعي • ولكن هذه الطريقة ليست عملية في مصافي النفط ، ولذا تتم عملية الضبط في معمل الصيانة للصمامات بوجود منظومة فحص مناسبة ويستعمل المـــاء أو الهواء أو الغازات الخاملة مثل النتروجين كوســـط لعملية الفحص ، ويفضل أستعمال الهواء أو الغازات المناسبة على الماء — ويعتمد ذلك على نوع الصمام حيث يكون الفتح الكلي pop واضح ومسموع ولامجال للخطأ في تعيين الضغط الصحيح للفتح او عدم ملاحظة نضوح قبل الفتح ، كما قد ينشـــــأ الضبط غير الجيد من جراء أستعمال مقياس ضغط تالف أو غير معير كما يجب أن يختار مقياس ضغط مناسب بحيث يقع ضغط الضبط للصمام في الثلث الوسطي وعملية الضـــبط لحلقـــة أو حلقـــــــات التحكم كثيرا ما تكون سبب الضبط غير الجيد للصمام فهذه الحلقة أو الحلقات تتحكم في مقدار أنخفاض الضغط blowdown (الفرق بين ضــــغط الفتح وضغط الغلق للصمام) أو الفرق بين ضغط التنفيس Simmer وضـــغط الغلق حســـب تصميم الصمام تحت الضبط ولكون كثافة وخواص الانضغاط لمائع التشغيل مختلف عن المائع المستعمل في عملية الضبط وكذلك الحجم والتسهيلات المحدودة في معمل الصيانة مما يتعذر الضبط الجيد ، لـــذا يجب أن تتم عملية الضبط للحلقات للحصول علـــى الفتح الكلي ثم يعاد الضبط على جهاز التشغيل نفسه للحصول على أنخفاض الضغط المناسب في ضـــوء تعليمات الصانع مما يتيح خواص أداء جيدة عنـــد تشغيل الصـــمام •

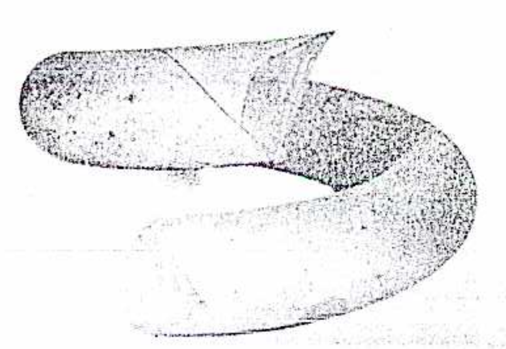
٥ — الانســـداد والالتصـــاق

أثناء الخدمة في المصافي فان أجزاء الصـــمام وايضا الانابيب المتصلة به معرضة أحيانا للانسداد من جراء الترسبات مثل الفحم والمواد المتصلبة كما في الاشـــكال التاليـــة : —



—Inlet Nozzle Plugged with Coke and Catalyst After Nine Months in Reactor Vapor Line.

شـــكل رقـــم (٢٠٤)



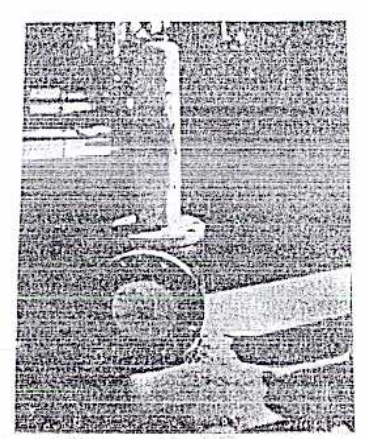
—Spring Failure Resulting from Stress Corrosion.

شكل رقم —٢٠٥—



—Moving Parts of Valve Fouled with Iron Sulfide.

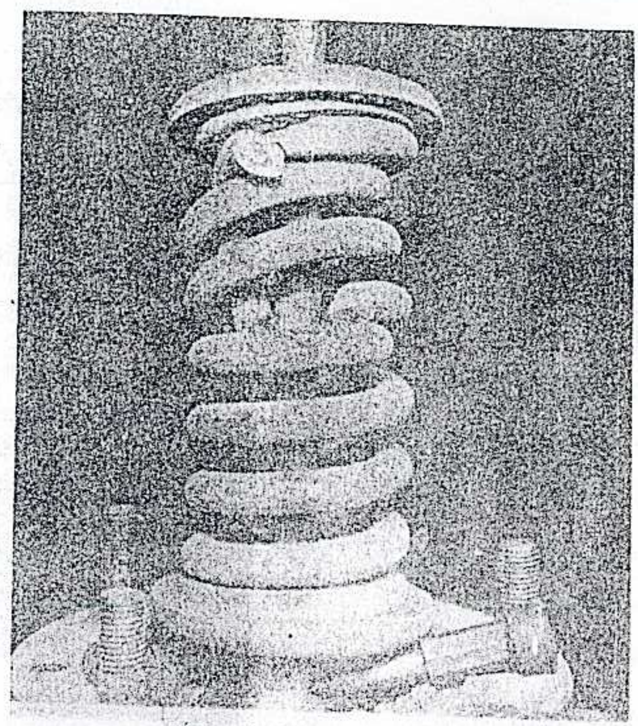
شكل رقم —٢٠٦—



—Outlet of Valve Plugged with Deposits from Other Valves in Common Discharge Header.

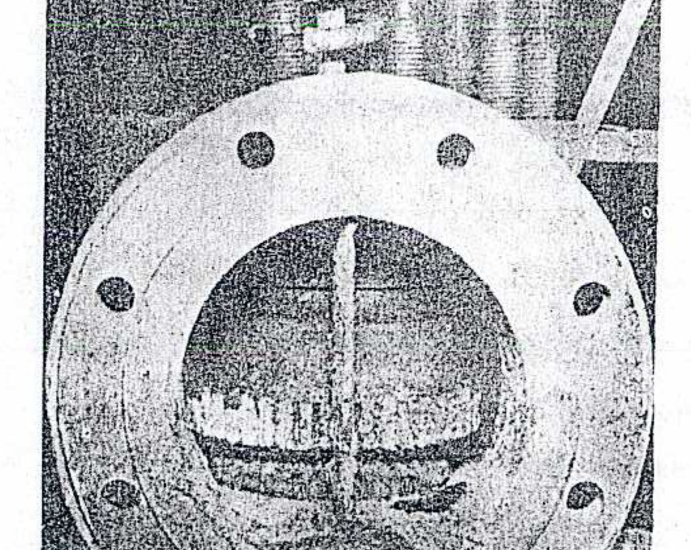
شكل رقم —٢٠٧—

شـــكل رقـــم (٢٠٨)



Spring Failure Caused by Corrosion.

شـــكل رقـــم (٢٠٩)



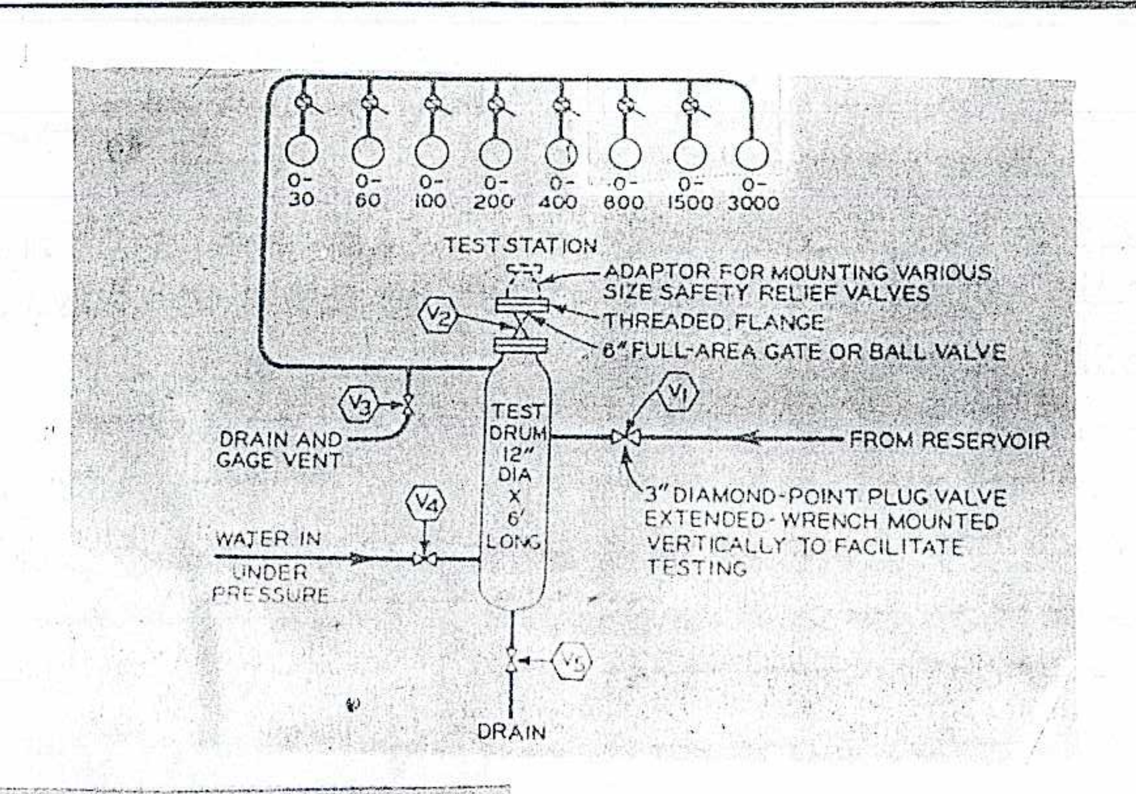
Iron Sulfide Deposits Caused Valve to Stick.

السابقة من عمل الصمام ، فأن كان الصمام يعمل في منطقة متآكلة تكون فترة أعادته الى الصيانـــــة والضبط أقل من نفس نوع الصمام والذي يعمل في منطقة نظيفة وغير متآكلة والصمامات ذات النوابض والتي تعمل في أماكن بها ذبذبات عالية واحمال متغيرة يجب أن تفحص بعد فترات أشتغال أقل من التـــي لاتعمل في مثل هذه الظروف ، وان تسجيل كامـــل لفترات أشتغال الصمام ونتائج فحصه قد يفيـــد في تقليص أو زيادة فترات الفحص للحصول علـــى كفاءة واقتصاد تشغيلي عالي وسلامة الاجهزة وفي بداية اشتغال الوحدات الجديدة وخاصة في المناطق المؤاكلة فيفضل فحص صمامات الامان في أقـــرب وقت عملي للوقوف علـــى حالـــة الصـــــــمام وتحديد الفترات المناسبة للفحص الدوري وقد تفيد أرشادات المنتج للصمام الجهات المستعملة لـــه خاصة أذا كان الصمام ذو خواص وتصميم منفرد وفي كثير من الاحيان يكون تحديد فترات الفحـــص للصمامات خاضع للقوانين المحلية وعليه يجب موازنة فترات توقف الاجهزة وصيانة وفحص الصـــمامات مع هذه المواعيد حتى لاينشأ أضطراب في تشـــغيل الوحدات زيادة عن فترات التوقف المتفق عليها .

٩ ـــ فحص الصمامات في معمل الصيانة

بعد فك الصمامات من الوحدات تؤخذ الى معمل صيانة مجهز لاختبار وضبط ضغط الفتح وانخفاض الضغط وكذلك نضوح الصمام ، ويمكن فحـــص الصمامات بواسطة الهواء أو الماء ويراعى أن يكون

المائع المستخدم في عملية الفحص أقرب ما يك
لخصائص مائع التشغيل،وكذلك يمكن أستخدامة
النيتروجين بكفاءة أعلى للفحص خاصة بالنســ
للصمامات ذات الضغوط العالية ومن المفروض
تكون عملية الفحص دقيقة لقياس مدى الكفاءة ،
مع الاسف فان عملية الفحص في معمل الصيانـ
لاتوفر ظروف متماثلة مع ظروف التشغيل ، فالد
أو الغاز المستعمل في معمل الصيانة يكون مد
وغير عملي لقياس قدره الصمام أو أنخفاض الذ
ومع ذلك فان الفحص في معمل الصيانة يعطي
جيدة عن ضغط الفتح للصمام وكذلك معدل النض
ومعظم معامل الصيانة تستعمل الهواء في فحد
الصمام لكونه وسط دائم الوفرة وامين ، والهـ
مائع منضغط ويسبب رد فعل أثناء تخفيض ضـ
الصمام مع فتح كلي لفترة قصيرة، وعليه فأنه ق
الشبه بظروف التشغيل للصمامات التي تعمل ف
مجال الغازات النفطية وعادة يستعمل الهـــ
لفحص صمامات السلامة وصمامات خفض الض
وصمامات السلامة وخفض الضغط لضبط ضـــ
الفتح وقياس النضوح وعادة تكون منظومة فد
النضوح للصمام مرتبطة بنوع التصميم ولكن
العموم يكون المطلوب غلق فتحة التصريف وو
غشاء (مثل ورقة مبللة) وملاحظة الانتفاخ ل
معدل النضوح وأذا أريد قياس معدل النضـــ
فتحسب كمية الهـــواء المتسرب فـــي الدقي
تحت وعاء مملوء بالماء كما في الشكل رقم (٢١٢



شـــكل رقـــم (٢١٣)

أما أستعمال الفحص بالماء فيستعمل لكونـــــــه رخيص وامين وقد يماثل ظروف التشغيل ولكنـــــه عادة محدود الاستعمال فقط لفحص ضغط الفتـــح لكون كمية الماء المتصرفة من الصمام تكون قليلـــــة للغاية ومن الصعب ملاحظة ضغط الغلق أما فحـــص النضوح فيتم بالهواء كما سبق شرحه ، والشـــكل التالي رقم (٢١٣) يوضح منظومة لفحص صمامات الامان في معمل الصيانـــة .

NOTES;

1. When using this detector all other valve outlets must be closed.
2. Test for leakage at 90 per cent set pressure.
3. Count bubbles after they appear at uniform rate.

Safety- and Relief-Valve Leak Detector.

شـــكل رقـــم ٢١٢

١٠ ــ فحص صمامات خفض الضغط في معمل الصـــيانة

عند ازالة صمام من هذا النوع من الوحدات يجب فحصه أولا بالعين المجردة وتسجيل الملاحظات الاتيـــة :ــ

١ ــ حالة الفلنجات من حيث الحفر والخشـــونة واسطح الانطباق وغير ذلك •

٢ ــ حالة النابض من حيث التآكل او الشـــقوق ومدى فاعليته عند ضغط ودرجـــة حرارة التشـــغيل •

٣ ــ حالة المنفاخ bellow في مثل هذا النوع من الصمامات •

٤ ــ وضع براغي التثبيت والفتحات في الغطاء •

٥ ــ حالة الاسطح الخارجية لبيان حالة الجـــو المحيط (مؤاكـــل او غـــير ذلـــك) والتلـــف الميكانيكـــي •

٦ ــ حالـــة نوزلات الدخول والخروج مـــن حيث الرواسب والمواد الغريبة والتاكل •

٧ ــ سمك الجدران لجسم الصمام •

٨ ــ اجزاء الصمام ومواده لمراجعتها مع كـــارت الصمام الرئيسي او المعلق على الصمام •

١١ ــ فحص الصمام حال جلبه من الوحدات

يجب فحص الصمام حال جلبه من وحـــدات التشغيل لقياس ضغط الفتح فاذا كان ضغط الفتح الكلي نفس ضغط الضبط فيعني ذلك سلامة الصمام من الناحية التشغيلية ولاداعي لاعادة فحصه ــ اما أذا كان ضغط الفتح الكلي أعلى من ضغط الضبط فيعاد الفحص مرة ثانية فاذا فتح الصمام بنفس فتـــح الضبط دل ذلك على وجود مواد او اجزاء ملتصقة. اما اذا كان الفتح اعلى من ضغط الضبط في كـــلا الفحصين فقد يعني ذلك تغير الضبط اثناء الاشتغال من قبل عمال الوحدات ــ اما اذا كان الفتح الكلي ضعيف او اقل من ضغط الفتح فقد يعني ذلك هبوط مرونـــة النابضـــ . وجميـــع هذه المعلـــومات تســـجل لغرضـــ الافادة منهـــا في عمليـــة صيانة واعادة ضبط الصماموتغيير مايلزم من أجزاء•

وبعد اجراء هذا الفحص يكون الصمام مؤهل للفتح والفحص والصيانة التفصيلية من قبـــل المختصين في معمل الصيانة واذا كان الصمام يعمل في وسط نفطي خطر فيجب تنظيفه أولا بالمـــواد المناسبة خشية اشتعال المواد النفطية من جـــراء شرارة ناتجة من عملية الفتح وهنـــاك شـــركات متخصصة في مواد التنظيف يمكن أستشارتها في مثل هذ هالحالات ايضا فان عملية الفتح يجب ان تتـــم حسب تعليمات الصانع وارشادات كتالوجـــات الصيانة لهذه الصمامات . وبعد عملية تفكيك الاجزاء يلاحظ كل جزء على حدة وفحصه من حيث التآكل او البري خاصة المجاري والاقراص والحشوات وغير ذلـــك • •

١٢ ــ عمليات الصيانة واعادة الشد

عند تفكيك الصمامات يجب المحافظة علـــى اجزاء كل صمام على حدة مع تسجيل وضع كـــل جزء عند ذلك يبدأ في تنظيف اجزاء الصمام خاصة النوزلات والنوابض والقواعد والرواسب الصعبة التنظيف يمكن معاملتها بمذيبات خاصة او تنظيفهـا بفرشة حديدية . وتعاد عملية الفحص بعد التنظيـف لكل جزء على حدة من حيث التآكل أو البري . واسطح الانطباق والقواعد تفحص من حيث الخشونة والتلف الميكانيكي حيث انها سبب النضوح ويمكن الاستعانة بالاجهزة الخاصة لقياس النعومة والتســـطح والاستقامة سواء الاجهزة الضوئية أو مدرجـات القياس . كما تراجع التراوجات بين العمود ومجراه والقرص وحامل القرص لضمان ضبط الفتحـــة المناسبة • كما يفحص المنفاخ من جراء النضـــوح أو الشقوق •والاجزاء التالفةأو المتاكلة يجب تبديلها او اعادة اصلاحها والاجزاء الحساسة مثل النابض او المنفاخ يجب تبديله عند تلفه بدون محاولـــة اصلاحه •

اما اسطح القواعد او القرص والنـــوزلات يمكن تشغيلهم على الماكينات لاعادة اصلاحهم وفي كل الحالات يجب اتباع ارشادات الصانع لعمليات الصيانة والتشغيل والصقل Lapping بعد ذلك تشد أجزاء الصمام وتتم عمليات الضبط لجميـــع الاجزاء ومراعاة الخلوصات اللازمة بـين الاجزاء حسب تعليمات الصانع ايضا فان تنظيم او ضـــبط مقدار انخفاض الضغط يتم في هذه المرحلة وبعـــد اتمام عملية الشد يضبط الصمام على ضغط الفتـــح الكلي ويفحص مقدار النضـوح •

١٣ ــ ارشادات للفاحص

على الفاحص اتباع الخطوات التالية عنـــد فحص صمامات الامان في معمل الصيانة :ــ

١ ــ يجب التأكد من رقم وضغط الصمام

٢ ــ يفحص ضغط الصمام Set pressure

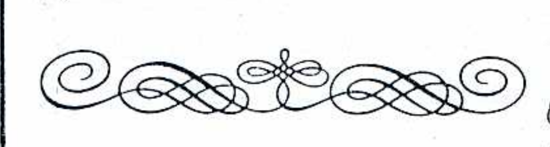
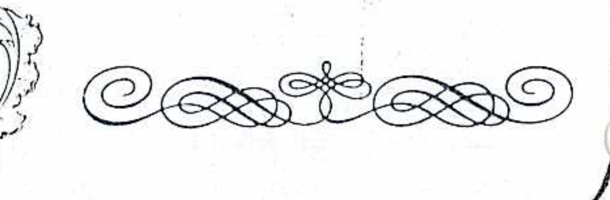
٣ ــ يجب التاكد من أن انخفاض الضغط لايكـون أكثر من ١٠٪ من ضغط الفتح •

٤ ــ التاكد من ان صامولة الغلق Check nut مثبتة بصورة محكمة •

٥ ــ التاكد من عدم وجود نضوح في الصـــمام بابقاء الضغط (٩٠٪ من ضغط الفتح) لفترة طويلة وملاحظة النضوح •

٦ ــ ارجاع غطاء الرأس •

٧ ــ فحص ضغط الفتح مرة اخرى بعد ارجـــاع الغطـاء •

سابعا :— طريقة فحص الخزانات

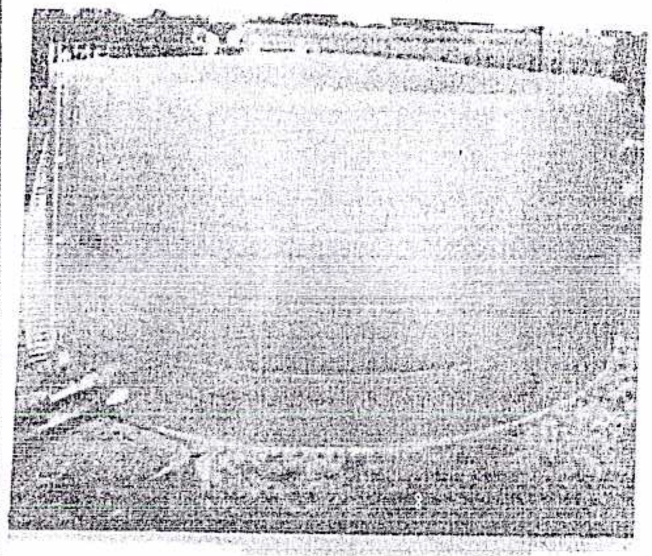
اعداد المهندس /

علي احمد مصطفى حماد

تستخدم الخزانات في مصافي النفط لخزن النفط الخام ، ومنتجات التصفية والغاز والمواد الكيمياوية والماء وتبنى الخزانات بتصاميم واحجام متعددة وتصنع من معادن ومواد مختلفة حسب ظروف الاستعمال وتحديد او اختيار نوع الخزان المستعمل • يعتمد الى حد كبير على قابلية التطاير المادة المراد خزنها وكذلك على ضغط المواد المخزونة وسوف نهتم في هذا الفصل بالخزانات ذات الضغط الجوي او الضغط المنخفض (اقل من ١٥ رطل / بوصة مربعة) اما الخزانات التي تعمل اكثر من ذلك فانها اقرب ماتكون باوعية الضغط ويمكن مراجعتها في (الباب الاول من هذا الفصل) • ويقصد بخزانات الضغط الجوي الخزانات المفتوحة للجو ويكون الضغط الداخلي لغازات وابخرة المادة مساوي او قريب من الضغط الجوي وغالبا ماتصنع هذه الخزانات من الحديد الكربوني او السبائكي او قد تصنع من معادن اخرى لاستخدامات خاصة • وتجمع الواح الخزان بواسطة اللحام او البرشام او البراغي (ايضا قد تصنع الخزانات من الخرسانة او الخشب) ومثل هذه الخزانات تتعرض للتآكل ولذا فقد تبطن بمواد مقاومة للتآكل مثل الرصاص او سبائك الحديد او الالومنيوم او المطاط او الصبغ او الزنك او البلاستيك او الاسمنت حسب خبرة مهندسي الفحص في موقع الخزانات وتوقعاتهم لمناطق التآكل وظروف التآكل ، وفي معظم التصاميم تزود الخزانات بمعدات أضافية مثل مقاييس تحديد مستوى السائل واجهزة تخفيض الضغط — اجهزة تنفيس اغطية فتحات القياس — اجهزة الخلط او التدرير — السلالم والمساطب ، نوزلات الانابيب فتحات الدخول — التوصيلات الارضية لتفريغ الكهربائية — العازل الحراري للسطح الخارجي •

خزانات الضغط الجوي

هناك انواع عديدة من خزانات الضغط الجوي وابسط تصميم لها الخزان ذو السقف المخروطي كما في الشكل (٢١٤) •

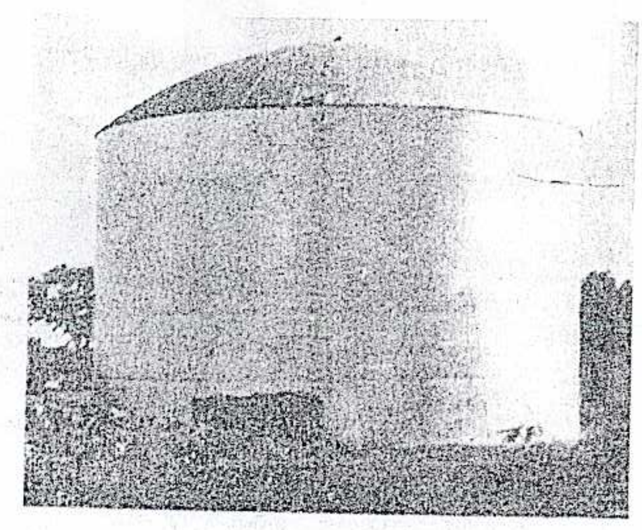


—Cone-Roof Tank.

شكل رقم ٢١٤

ومثل هذه الخزانات تبنى بسعة تصل ٢٥٠ قدم للقطر و٦٠ قدم للارتفاع وفي الخزانات ذات الاقطار الكبيرة يثبت سطح الخزان بواسطة هيكل حديدي داخلي وقد ظهر تحسين على هذا

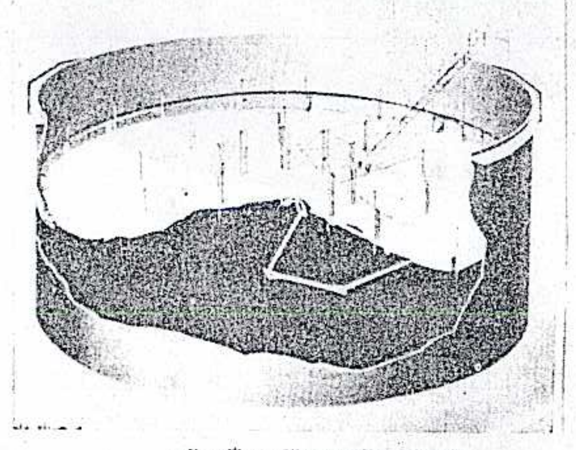
النوع من الخزانات فيصنع السقف على شـــكل مظلة او قبة كما بالشكل رقم (٢١٥) .



—Umbrella-Roof Tank.

شـــكل رقـــم ٢١٥

وفي الخزانات القببية فان الواح السقف تصنع كاجزاء من سطح كروي وتتصل فيما بينها بحيـث تكون محمولة ذاتيا ــ اما السقف المظلي فان الواحه تكون على شكل شرائح كروية ذات نهايات مداريـة السطح الكروي ، ومثل هذه الخزانات نادرا ماتبقى بقطر اكبر من ٦٠ قدم . اما الخزانات ذات السطح العائم فهي شائعة الاستعمال في خزانات الضـغط الجوي وتستعمل خاصة لتقليل الفقدان من المـادة المخزونة الى الحد الادنى نتيجه عمليات الملـــىء والتنفيس وذلك بالغاء حيز التبخر او جعله ثابـت مهما كان مستوى الخزان ، اما القاعدة وجـدران الخزان فتبنى بنفس الطريقة للخزانات ذات السقف المخروطي ويصمم السقف بحيث يعوم على سـطح السائل المخزون كما بالشكل رقم (٢١٦) :ــ

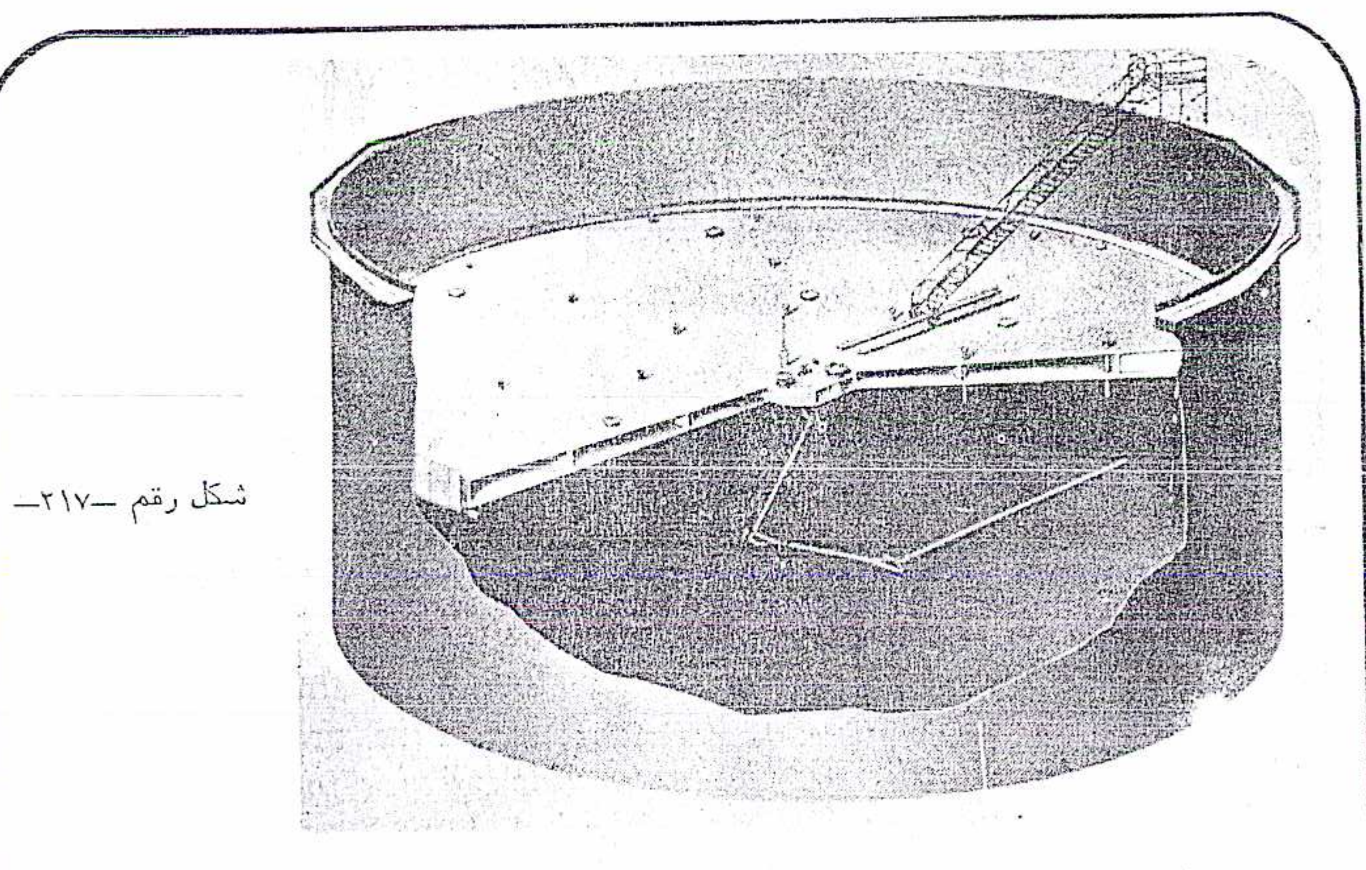


—Pan-Type Floating-Roof Tank.

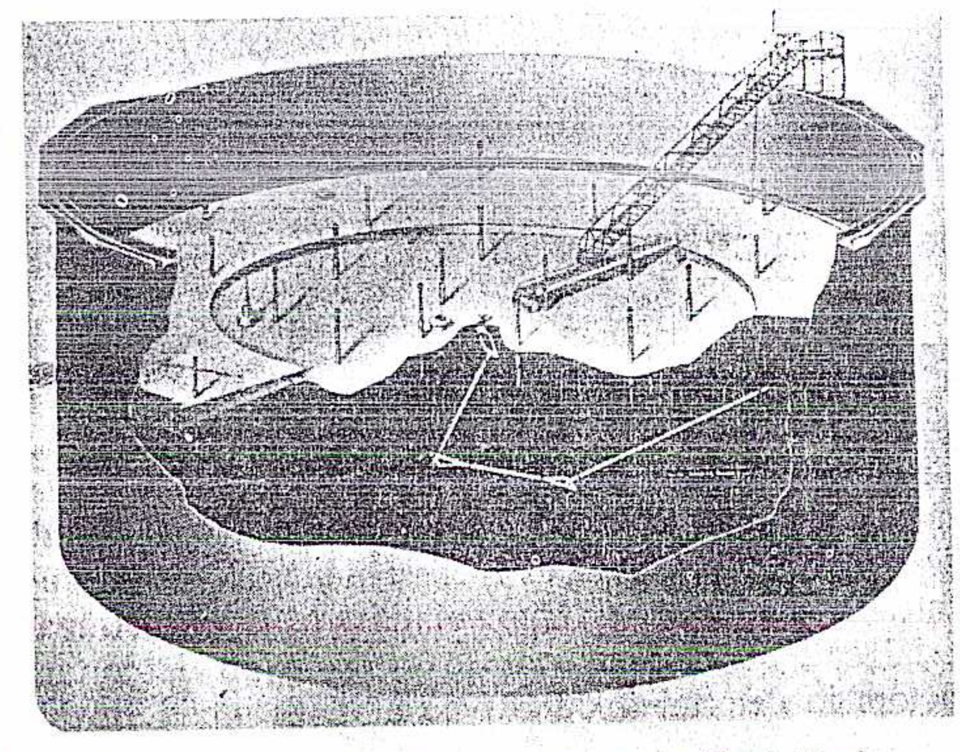
شـــكل رقـــم ٢١٦

والتحسينات التي ادخلت على الخزانات ذات السقف العائم البسيط هـــي الســـقوف ذات الطوافة على هيئة حزام Annular-pontoon والسقوف ذات السطح المزدوج Double-deck كما بالاشكال التالية :ــ

شكل رقم –٢١٧–



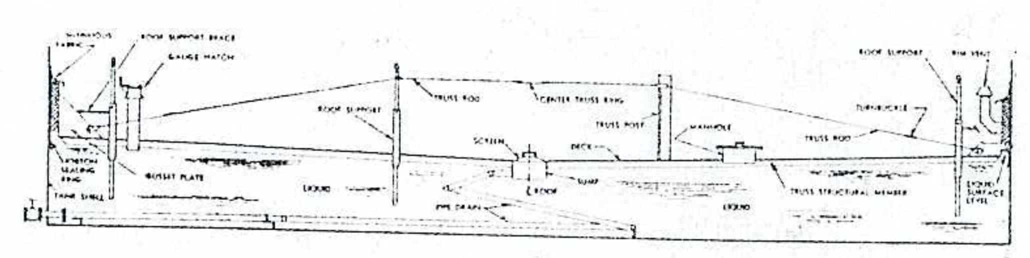
Double-Deck Floating-Roof Tank



شكل رقم –٢١٨–

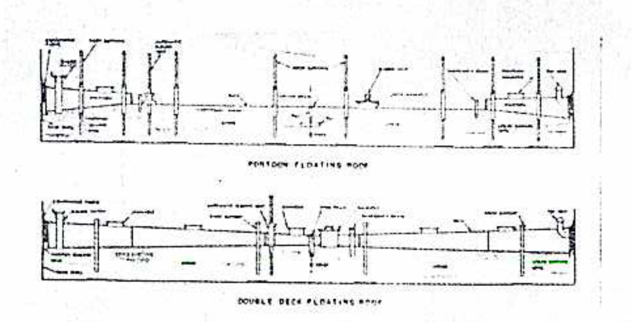
Annular-Pontoon Floating-Roof Tank

والاشكال التالية لمقاطع الاسطح العائمـــة توضح الاجزاء الرئيسية في مثل هذه التصاميم •



PAN FLOATING ROOF

شكل رقم ــ٢١٩ـ



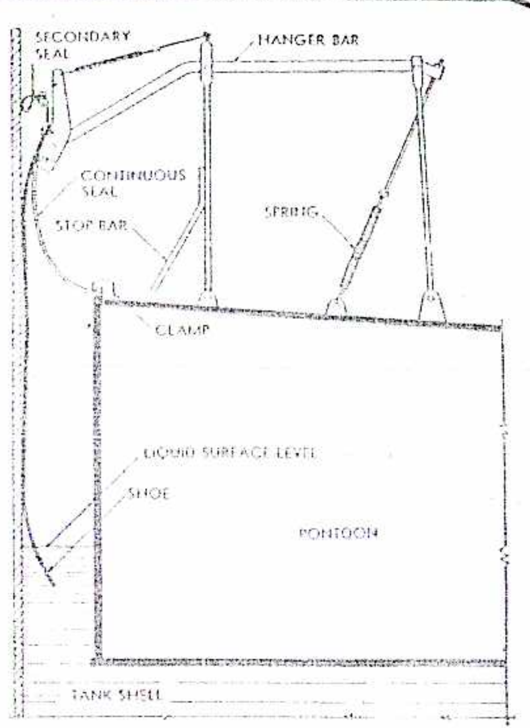
PONTOON FLOATING ROOF

DOUBLE DECK FLOATING ROOF

شكل رقم ــ٢٢٠ـ

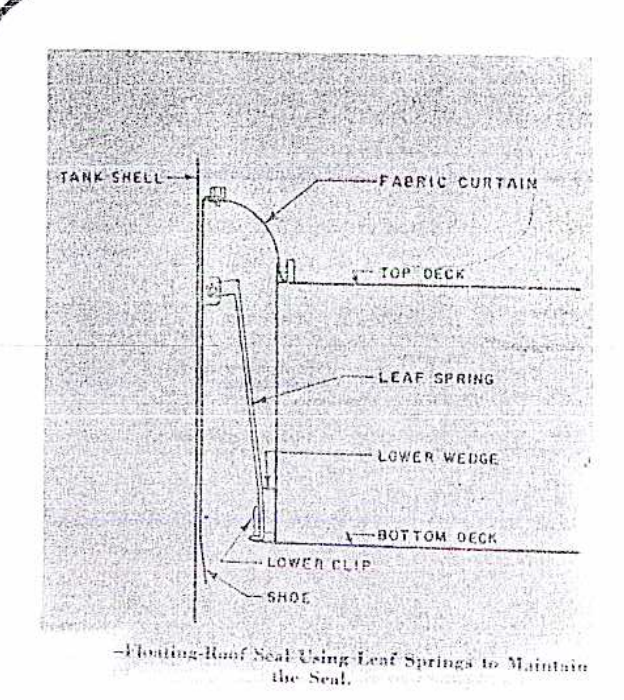
والاســطح العائمــة تجهــز بطارق تمنــع تسرب المادة من الجدران والسقف المتحرك ، وغالبا ماتكون هذه الطرق عبارة عن الواح ضاغطة علــى جدران الخزان بواسطة احمال او نوابض وتتحرك مــــع السقف ومرتبطة به عن طريق غشاء مرن ، والاشكال التالية تبين بعض التصاميم لمانعات التسرب :ـ





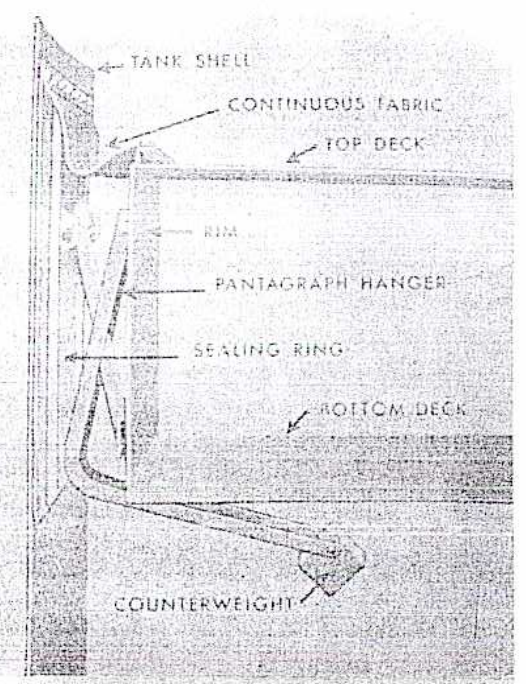
Floating Roof Seal Using Coil Springs to Maintain the Seal

شكل رقم —٢٢١—



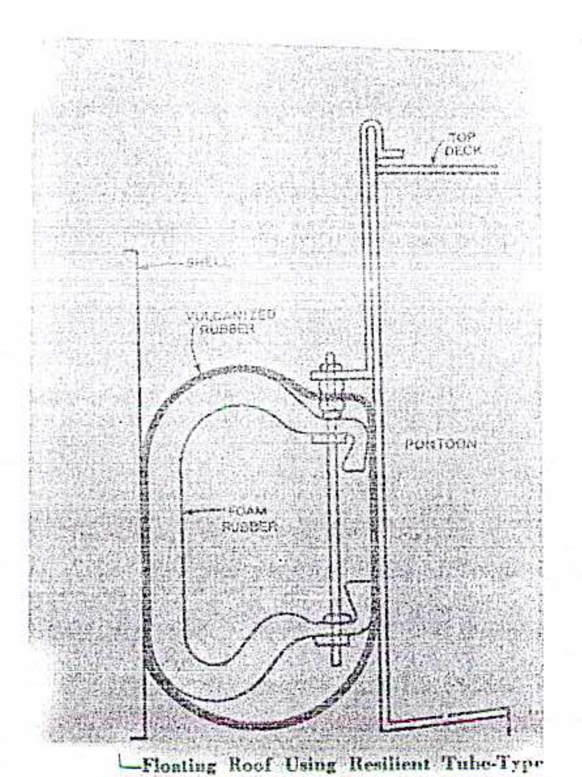
—Floating-Roof Seal Using Leaf Springs to Maintain the Seal.

شكل رقم —٢٢٢—



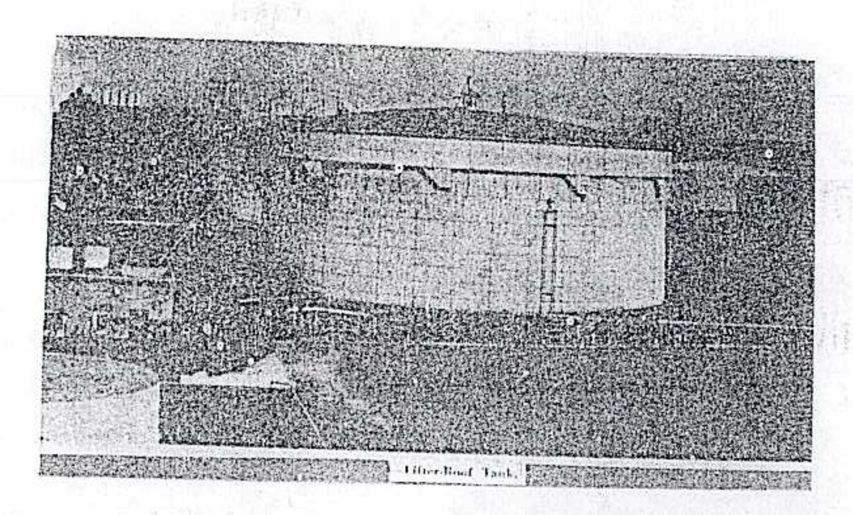
—Floating-Roof Seal Using Counterweights to Maintain the Seal.

شكل رقم —٢٢٣—

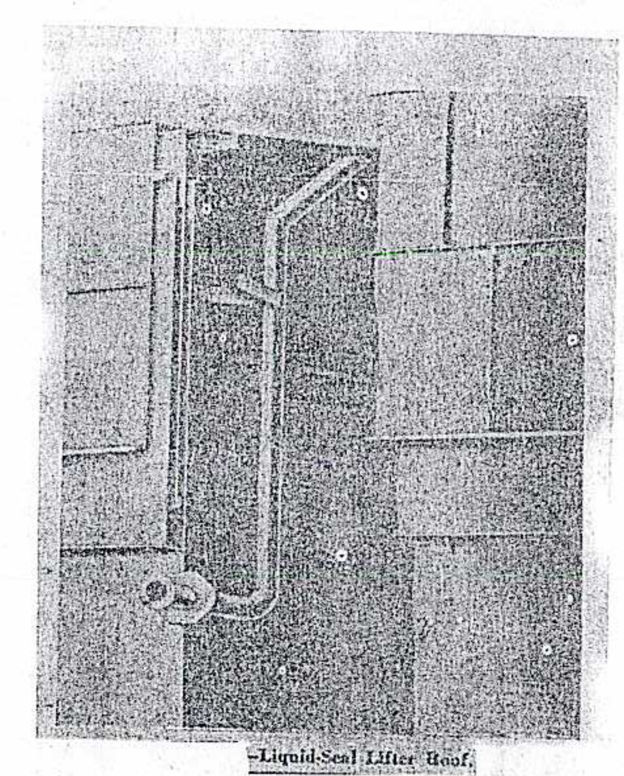


—Floating Roof Using Resilient Tube-Type

شكل رقم —٢٢٤—



شـــكل رقـــم٢٢٥



-Liquid-Seal Lifter Roof.

شكل رقم –٢٢٦–

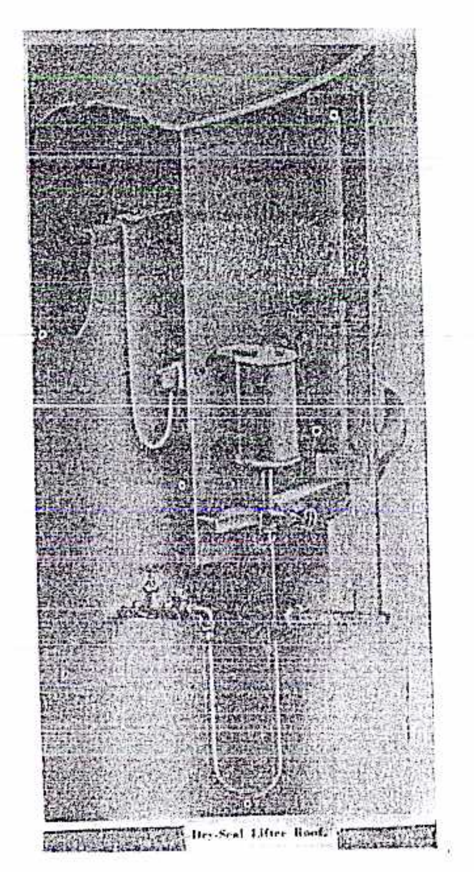
وهناك أنواع أخرى وهي أقل شـــيوعا فـــي الاستعمال كخزانات للضغط الجـوي مثـــل ذات السطح الرافع Lifter-roof type وذات الســـطح المتنفس Breather roof type والانواع المختلفة الصغيرة ذات الشكل الاسطواني والشكل رقم ٢٢٥ يوضح نوع الـــ Lifter-roof type

وفي هذا النوع يمنع الفقدان من ابخـــــرة السوائل بواسطة مانعات تسرب سائلة او جافـــــة وفيه تكون حافة السقف التي على شكل تنــــورة مغمورة في تجويف مملوء بسائل كما بالشكل رقـــم (٢٢٦) .

اما النوع ذو مانع التسرب الجاف فيكون على هيئة غشاء مرن يربط بين التنورة المثبتة على حافة السقف ومع حافة جدار الخزان كما بالشكل رقم (٢٢٧) .

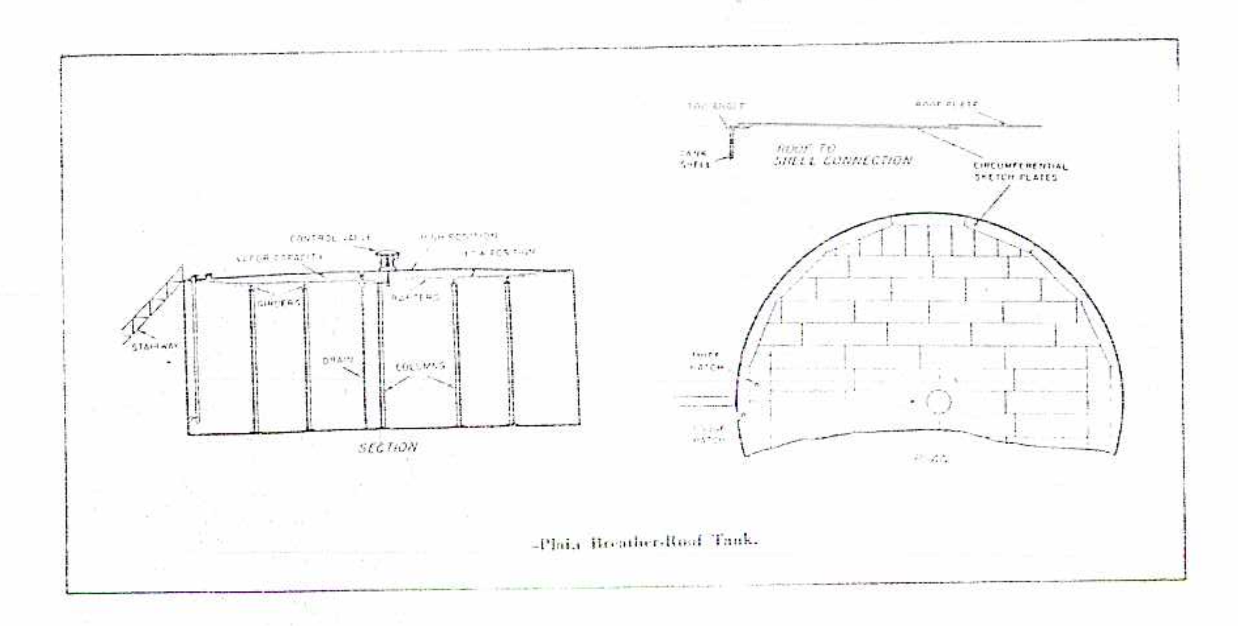
وفي النوعين الاخيرين فان التصميم يسمح بحرية الحركة للسقف الى اعلى واسفل في حدود معينة حسب ملىء وتفريغ الخزان أو عندما تؤثر درجة الحرارة على كمية التبخر للمادة المخزونة .

والخزانات ذات السطح المتنفس تستخدم عدة طرق للسماح بتمدد فراغ التبخر بدون فقدان التوازن للسقف أو جعله سائبا والشكل التالي يوضح احد هذه الانواع والمسمى The plain Breather Roof Tank والميزة الاساسية به هو أن السطح مصنوع من غشاء حديدي مرن قادر على الحركة الى اعلى والى اسفل في حدود ضيقة .



Dry-Seal Lifter Roof

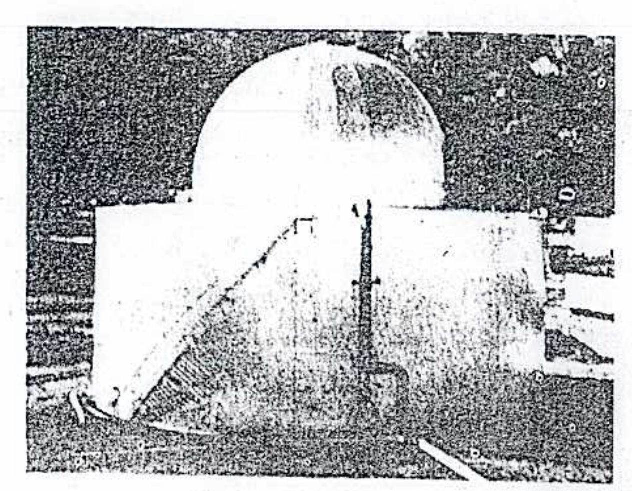
شكل رقم ـــ٢٢٧ـــ



-Plain Breather-Roof Tank.

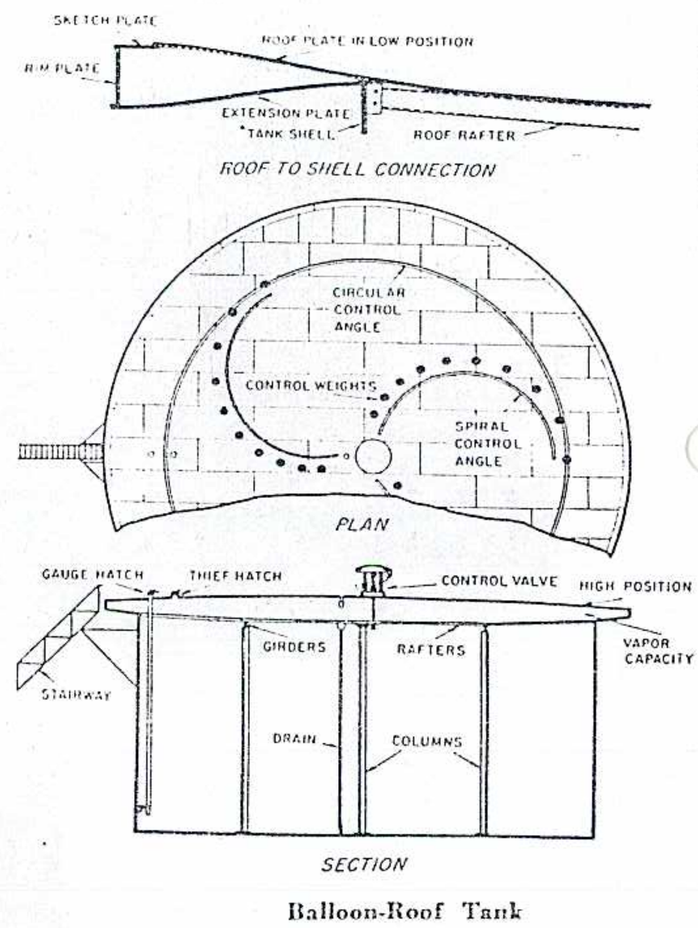
شكل رقم (٢٢٨)

والنوع المحسن من التصميم السابق والمسمى بالسطح البالون كما بالشكل رقم (٢٢٩) له قـدرة أعلى من السابق في التمـدد .



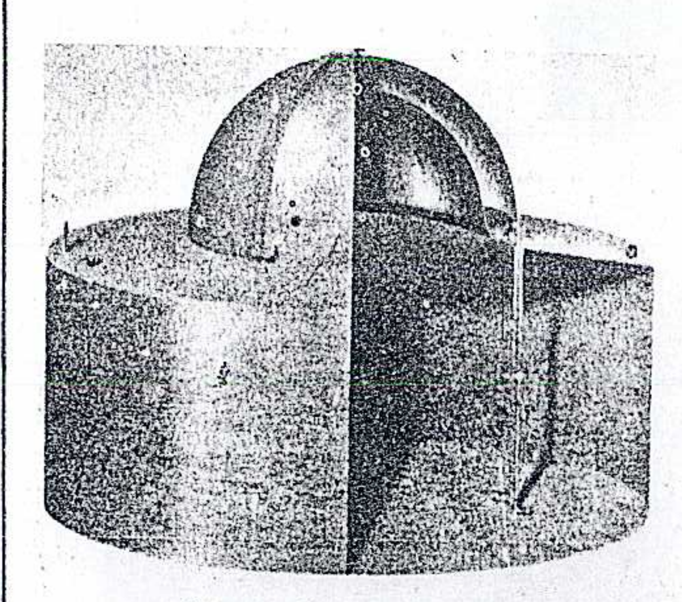
Tank with Vapor-Dome Roof.

شكل رقم ٢٣٠



Balloon-Roof Tank

شكل رقم ـ٢٢٩ـ

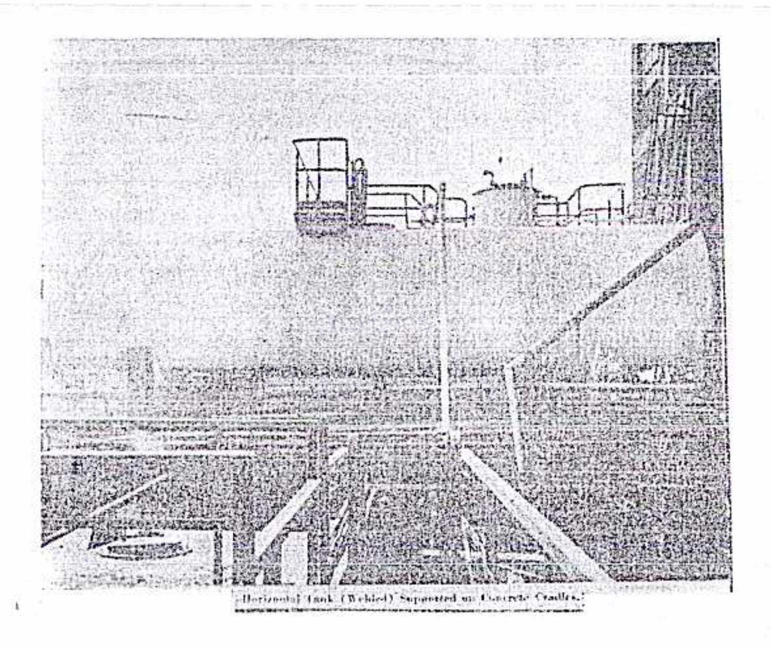


Cutaway View of Vapor-Dome Roof

شـكل رقـم ٢٣١

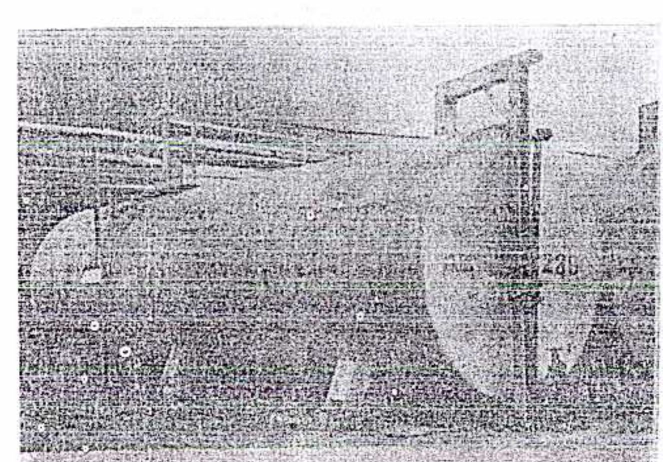
وهناك الخزانات ذات السقوف القبية كمـا في الاشكال التالية وفيها تضاف قبه ثابتة تحتـوي على غشاء مرن مثبت على حافة القبه ويسـمح بالصعود والهبوط ومثل هذا التصميم يسمح بالتغيير الكبير للحجم حسب الرغبة ..

وبالنسبة لخزن كميات قليلة من المادة تستخدم الخزانات الاسطوانية ذات رؤوس مسطحة او محدبة وتثبت في وضع رأسي او افقي على مساند خرسانية كما بالاشكال التالية :ـ



Horizontal Tank (Welded) Supported on Concrete Cradles.

شكل رقم ٢٣٢



Horizontal Tank (Riveted) Supported on Steel Cradles.

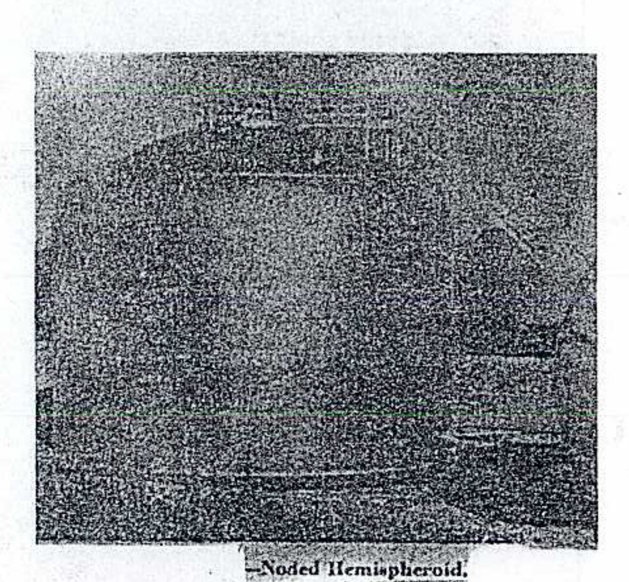
شكل رقم ـ٢٣٣ـ

خزانات الضغط الواطىء

تستخدم خزانات الضغط الواطىء في خـزن المواد سريعة التطاير والتي يكون ضغط البخـــار الحقيقي لها في درجة حرارة الخزن اكثر مـن ٥ر٠ رطل / بوصة مربعةوبحد أقصى ١٥ رطل / البوصة المربعة مثل الزيوت الخفيفة للنفط وبعض انـواع البنزين والنفثا الخفيفة والبنتان وبعض المـــواد الكيمياوية المتطايرة ٠

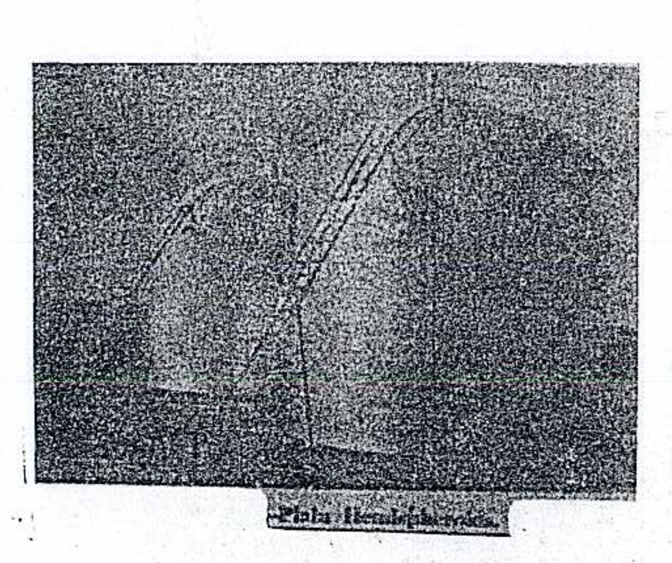
وهناك انواع متعددة لخزانات الضغط الواطيء اشهرها النصف كروية والكروية والكرويـــة ذات المقدة Noded spheroidal type وجميعها تتسم بتصميم يسمح بتحمل ضغط البخار المحتمل نشؤه داخل الخزان بدون وجود أجهزة أو طـرق لتغير الحجم الداخلي للخزان مثل ماهو معمول به في خزانات السطح العائم وتزود هذه الخزانـــات بصمامات تخفيض الضغط وذلك لعدم السماح بزيادة الضغط عن حد السلامة للخزان بالاضافة الـــى المعدات الاضافية السابق شرحها في خزانات الضغط الجـوي ٠

والخزانات النصف كروية شبيهة بالخزانات ذات السطح المخروطي فيما عدا ان القاع والسقف محدبي الشكل لتحمل الضغط كما بالاشكال التالية :



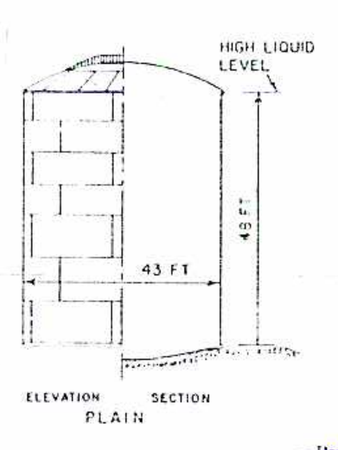
Noded Hemispheroid.

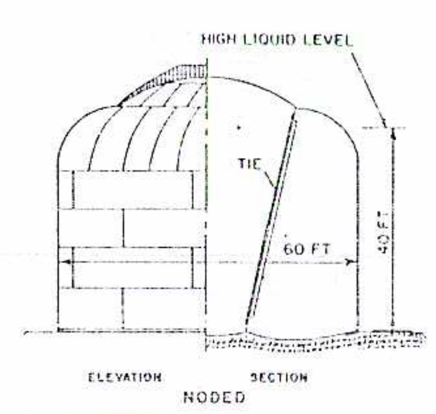
شـــكل رقـــم ٢٣٤



Plain Hemispheroids.

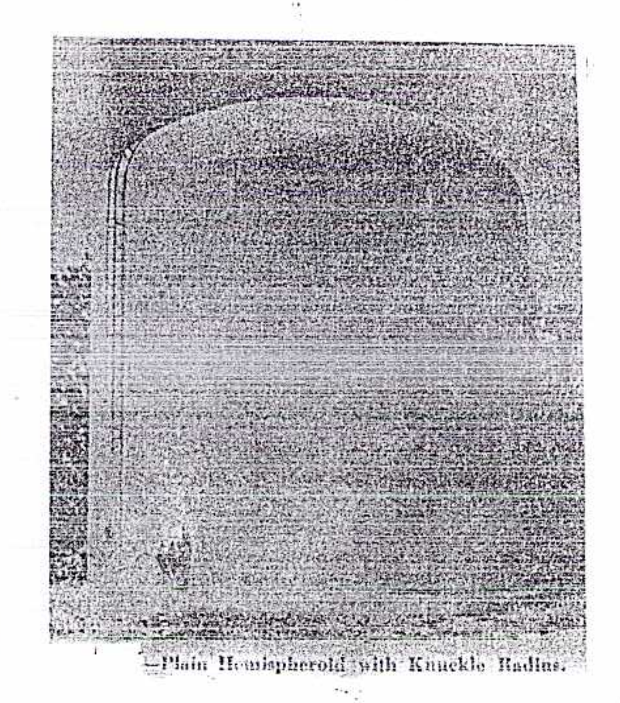
شكل رقم ــ٢٣٥ــ





—Drawings of Hemispheroids.

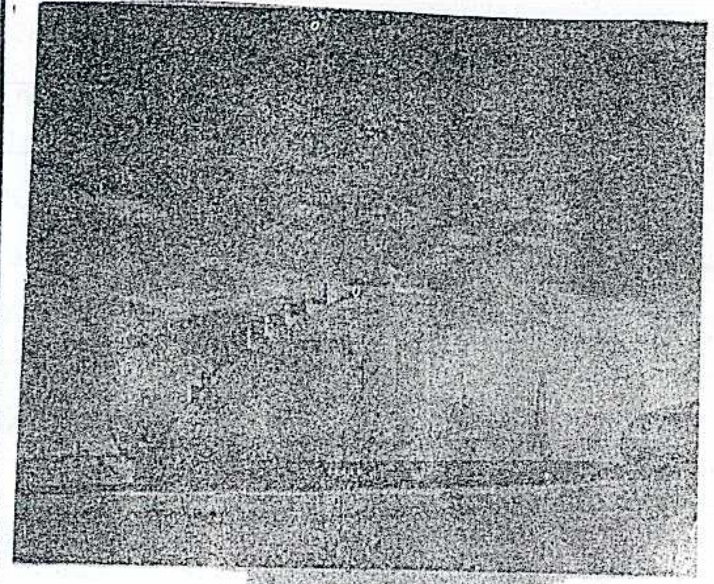
شـــــكل رقـــم ٢٣٦



—Plain Hemispheroid with Knuckle Radius.

شـــكل رقـــم ٢٣٧

والخزانات الكروية تكون على هيئة كرة منبعجة وهناك الخزانات الكروية ذات العقدة وتســــتعمل للسعة العالية ويكون بداخلها رباطات وقوائم لجعل الاجهادات على جدار الخزان اقل كما في الاشـــكال التاليـــة :ـــ(شـــكل رقـــم ٢٣٨ ، ٢٣٩ ، ٢٤٠)

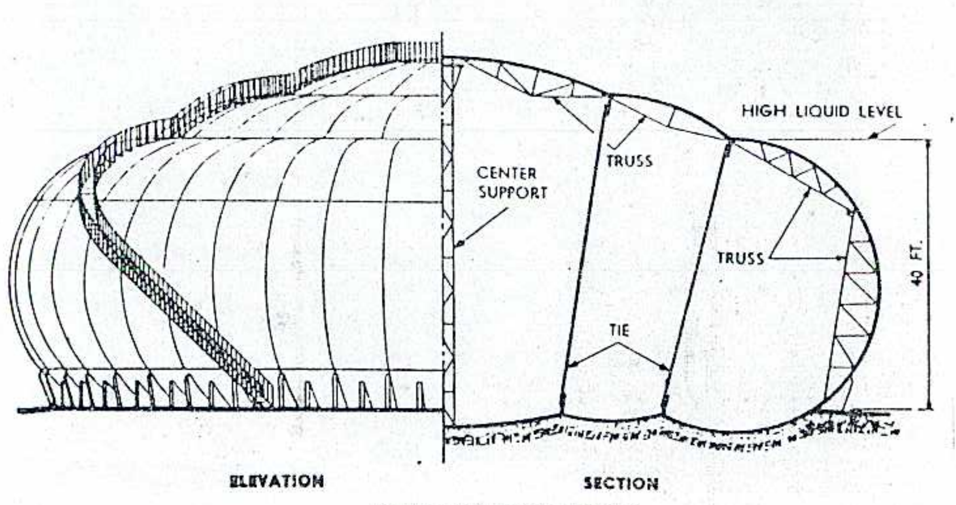


—Noded Spheroidal Tank.

شـــكل رقـــم (٢٣٩)

—Plain Spheroidal Tank.

شـــكل رقـــم (٢٣٨)



—Drawing of Noded Spheroidal Tank.

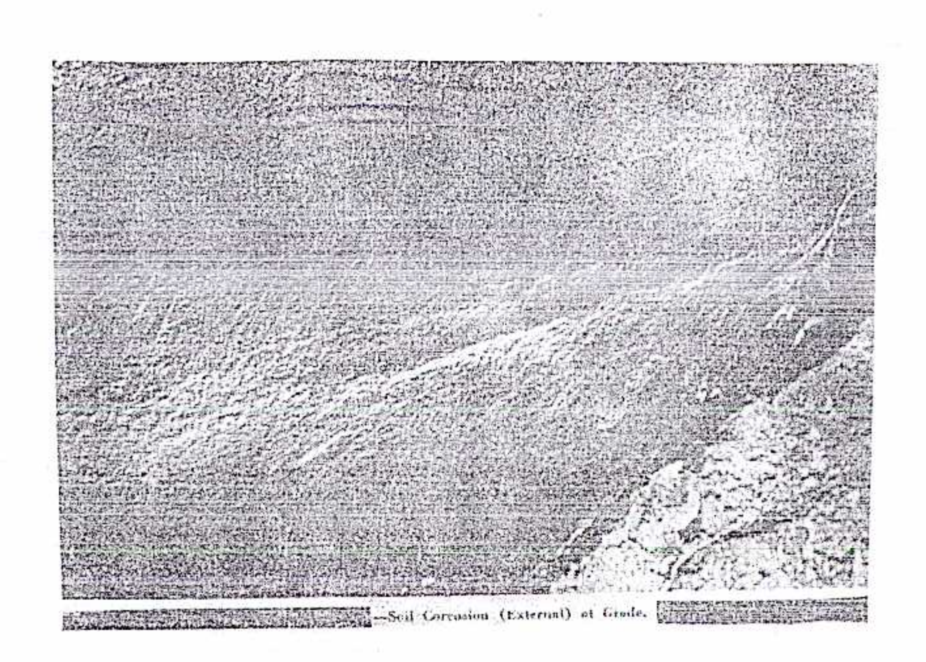
شكل رقم —٢٤٠—

مبررات الفحص واسباب التلف

كما في جميع الاجهزة والمعدات النفطية تفحص لغرض الوقوف على حالة الخزان وقياس معـــدل التاكل ودراسة أسباب الاندثار أذا كان ذلك فـــي الامكان ، وباستجلاء هذه العوامل يمكن أخـــــذ الاحتياطات اللازمة للتقليل من أحتمال الحريق أو فقد المادة المخزونة والمحافظة على سلامة التشغيل وتقرير التصليح اللازم او الاحلال باخر جديـــــد وكذلك أيقاف أو تاخير التقدم في الاندثار .

التـــــآكل

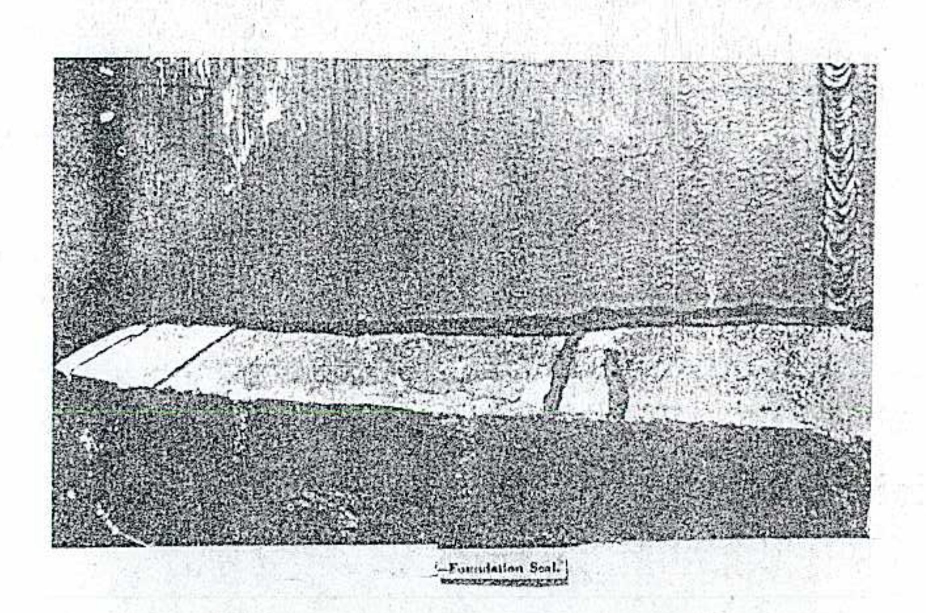
يمثل التاكل السبب الرئيسي لاندثار الخزانات المصنوعة من الحديد وكذلك فان أكتشاف مناطـــق التاكل وقياس معدلاته تعتبر من أهم مبـــــررات الفحص ، والتاكل الخارجي للخزان يعتمد على جو المنطقة المحيطة ، فالاجواء الحامضية أو الكبريتية قد تتلف طلاءات أو أصباغ الحماية وتزيد مـــــن معدل التاكل ، وعموما فان الاســـطح الخارجيـــــة للخزانات وكذلك الاجهزة المساعدة تتعرض للتاكل بصورة سريعة أذا لم تزود باحدى طرق الحمايــــة مثل الطلاءات أو الاصباغ المانعة للتاكل الجوي أو الحماية الكاثودية ، وأي منطقة منخفضة أو أخاديد تتجمع فيها المياه مدة طويلة من الزمن غالبا مـــــا



—Soil Corrosion (External) at Grade.

شـــكل رقـــم ٢٤١

تتعرض الى تاكل مركز . كما أن نوع الخـــزان وتفاصيل تركيبه يؤثر على مناطق ومدى التاكــل للسطح الخارجي ، فالخزانات المصنعة بالبرشـام توفر مناطق بها تركيز حامض عالي مما قد يتسبب في وجود خلايا تاكلية ، وفي الغالب أي نضوح على تحت قاعدة الخزان قد تكون مآكلة ــ كان يكون بها كبريت أو مواد كيمياوية أخرى ومع وجود لرطوبة تتكون مواد شديدة التاكــل . وحبيبـات الطمـى المخلوطة كمادة ماسكة لرمال الصبة تكونمع الرطوبة سائل اليكتروليتي وحسب تركيز المحلول من الطمى



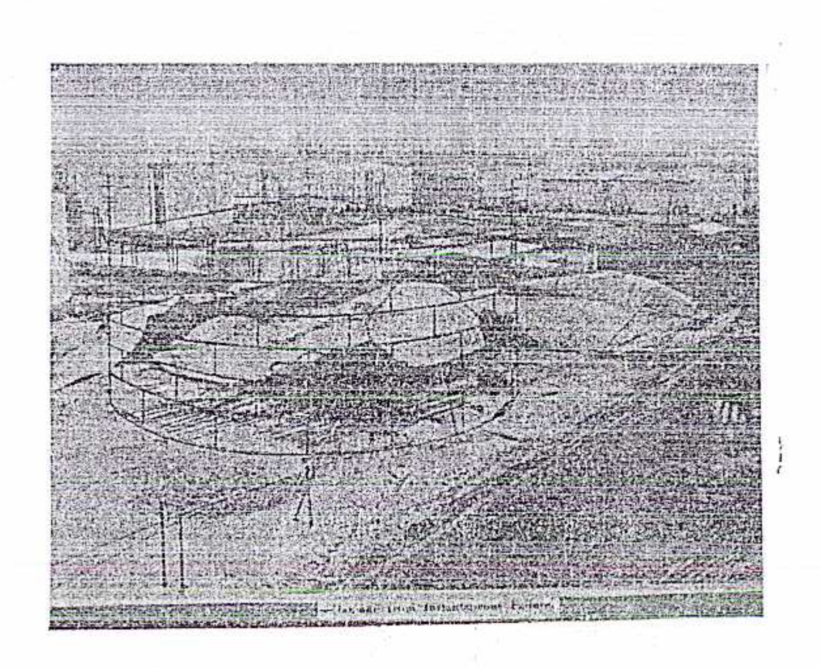
شـــكل رقـــم ٢٤٢

خط البرشام يتلف طبقة الصبغ حول النضوح ومن ثم يبدأ التاكل الخارجي في هذه المناطق ، والتاكل الارضي ينشأ من جراء تحرك التربة فوق خط قاعدة الخزان أو أن الخزان ينخفض عن مستوى التربة كما بالشــكل رقــم (٢٤١) : ــ

والتاكل الخارجي لقاعدة الخزان قد يكون مــن المشاكل الخطيرة ، فالمواد المستعملة لعمل صـــبة تتكون خلايا كهربائية يكون نتيجتها حفر متفاوتــه العمق ، وأذا كان الخزان يحوي مواد مأكلة وحدث به نضوح من القاعدة ــ فقد تتجمعهذه المواد تحت القاعدة وتتسرب الى حافة الخزان وعند ملاقاتهـا للرطوبة يتاكــل جدار الخزان من الخارج كمــا بالشـــكل رقــم (٢٤٢) : ــ

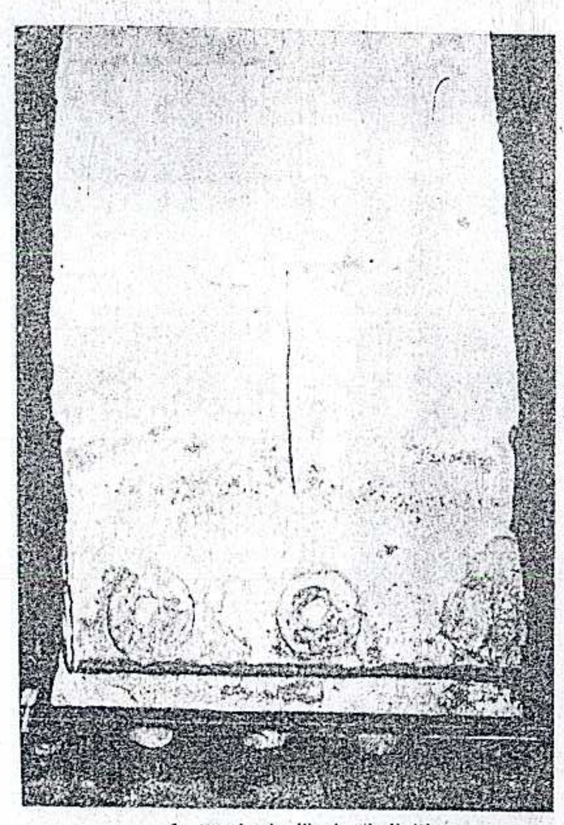
والتاكل الداخلي للخزانات يعتمد علـى درجـة التاكل للمواد المخزونة سواء الكيمياوية أو النفطية وكذلك على نوع المعدن المصنوع منه الخزان . وفي كثير من الاحيان يكون من الضـروري اسـتعمال بطانة داخلية مقاومة للتاكل حسـب طبيعة المـادة المخزونة . وفي بعض الحالات الخاصة يكـون مـن المناسب صنع الخزان من معادن أو سبائك خاصة مقاومة للتاكل . وخزانات النفط الخام والمنتجات النفطية تصنع في العادة من الحديد ، ومثل هـذه الخزانات يلاحظ بها التاكل خاصة في منطقة الابخرة فوق مستوى السائل من جراء أبخرة كبريتيـد الهايدروجين وغيرها ، وبخار الماء والاكسجين . أما المناطق المغطاة بالسائل المخزون فيكون التاكل من جراء الاملاح الحامضية وكبريتيد الهيدروجـين أو أي مركبات كبريتية أخرى . وهناك بعض الانواع الاخرى من التاكل الداخلي مثل التاكل الاليكتروليتي، التاكل بالهيدروجين ، الهشاشة القاعدية ــ التاكـل الكرافيتي لبعض الاجزاء المصنعة من الحديد الصب وأنفصال الزنك من الاجزاء المصنعة من البراص .

ومن الاسباب الاخرى لفحص الخزانات التاكد من عدم وجود نضوح أو بداية نضوح تؤثر علـى أقتصاد المادة المخزونة أو سلامة العاملين أو تلـف المعدات الاخرى ، كما أن المواد المخزونة فـي الخزانات لمصافي النفط هي رأس مال المصفى ويجب أن لاتضيع كميات منها بدون طائل ، وكما في حالات كثيرة فان فقـدان الكميات المخزونـة في أحـد الخزانات قد يتلف كثير من المعدات المحيطة ، وقد يحدث أنهيار كلي للخزان ويفقد الخـزان بمـا فيـه كما بالشـكل رقم (٢٤٣) : ــ



شـكل رقـم (٢٤٣)

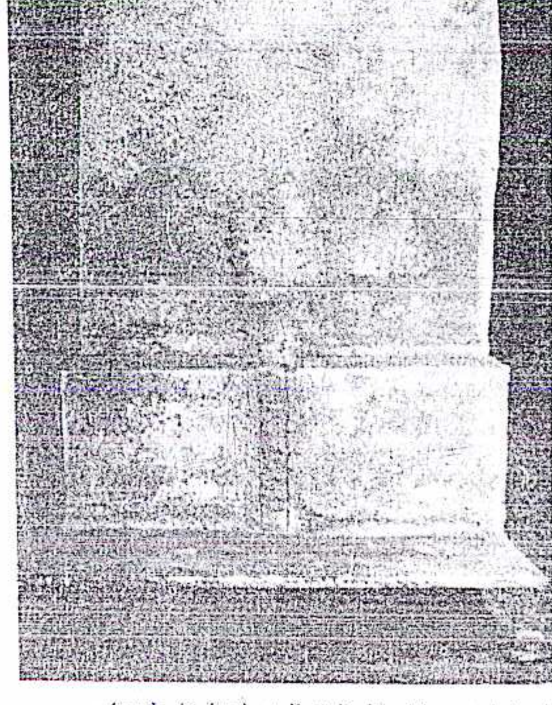
والفحص الدوري والصيانة الجيدة يقلل لحد كبير أحتمال الانهيار الفجائي ورغم أن النضوح يكون في أغلب الاحوال نتيجة التاكل الا أنه يمكن أن يكون نتيجة لحام غير جيد أو برشام ردىء أو حشوات تالفة أو شق في اللحام أو المعدن ، ومن المهم فحص الخزاناتذات الاسقفالعائمة وملاحظة مانع التسرب الابتدائي والثانوي والشقوق في الخزانات تنشأ لاسباب عدة مثل لحام معيب ، عدم أزالة الاجهادات حول مناطق الرباط ، عدم وجود تقوية حول الفتحات ، الاجهادات الناشئة عن هبوط التربة او الهزات الارضية ، الاهتزاز الزائد والتصميم الردىء للتصليح ، والمناطق التي تزداد فيها أحتمالية وجود الشقوق هي أتصال الجدار بالقاعدة وحول النوزلات وحول ثقوب البرشام والحوامل وخطوط اللحام ، والاشكال التالية تبين بعض الشقوق ، والفحص الجيد يظهر هذه العيوب قبل أن يتفاقم خطرها .



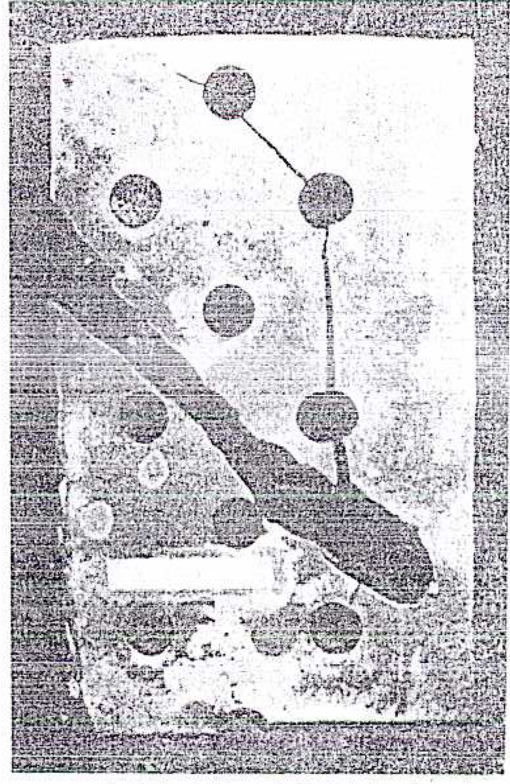
—Cracks in Tank Shell Plate.

شكل رقم ٢٤٤

شــكل رقــم (٢٤٥)



—Cracks in Tank at Butt Weld of Inverted Angl Connecting Shell to Bottom.



—Cracks in Tank at Riveted Lap Joint in Tank Shell.

شــكل رقــم (٢٤٦)

وقت ومعدلات الفحص

تعتمد معدلات وفترات الفحص على العوامل التاليـة : ــ

١ ــ طبيعة المواد المخزونة
٢ ــ نتائج الفحص البصري الخارجي
٣ ــ تيسـر المعـــدات •
٤ ــ معدل التاكل وسماح التاكـل
٥ ــ حالة ونتائج الفحص السابق
٦ ــ الخامات اللازمة وطرق التصليح
٧ ــ موقع الخزان كان يكون في منطقة معزولة أو في منطقة عاليـة الخطورة •

والفترة اللازمة لعمل فحص شامل للخزان من الداخل والخارج يعتمد على معلومات الخدمـة السابقة مالم يكن هناك سبب واضح لاجراء الفحص بالسرعة اللازمة فبالنسبة للخزانات الموجودة في جو معتدل من ناحية التاكل فقد يتمفتح الخزان للفحص الشامل كل خمسة سنوات أو أكثر أما الخـزانات الموجودة في جو شديد التاكل قد يكون من الضروري عمل الفحص الشامل سنويا ، والمعلومات المفصلة والشاملة عن ظروف خدمة الخزان يجب أن تكـون متوفرة حتى يمكن أجراء الفحص بصورة جيـــدة وتحديد الفترات المناسبة لفتح الخزان ، وأثنـــاء أشتغال الخزان قد يكون من المناسب فحص الخزان من الخارج بالفحوصات غير المتلفة لزيادة فتـرات الاشتغال بدون توقـف •

طريقـــة الفحـــص : ــ

قبل الدخول الى الخزان يجب أخذ بعضـــــ الاحتياطات الضرورية لضمان سلامة العاملـــين لتنفيذ اي عمل ، فيجب أن يكـون الخزان خالـي من الغازات أو السوائل التي قد تكون مصـــدر للغازات ، فعند وجود مادة الرصاص أو كبريتيـد الحديد يجب أخذ الاحتياطات اللازمة وفـي كـل الحالات لايسمح بدخول الخزان مالم يكن هنـاك تصريح بالدخول صادر من قسم السلامة موضح فيـه أن الخزان خالي من الغازات والمواد السامـة وأنه معزول عن أي مصادر وان الجو الداخلي بـه أو كسجين كافي لدخول الاشخاص •

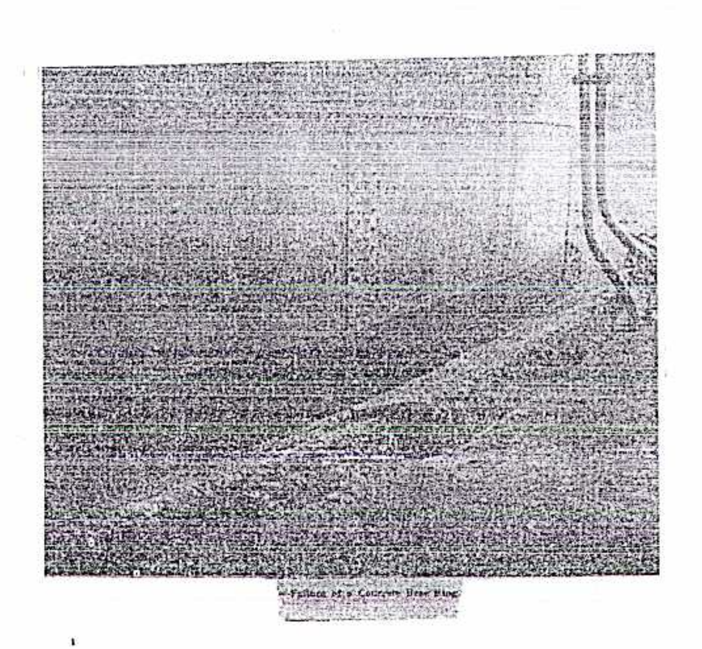
ومن المفضل القاء نظرة فاحصة من الخارج قبل دخول الفاحص الى الخزان وملاحظة الاماكـــن المتهرئة من السقف والاعمدة والقاعدة خشـــية أصابته بالضـــرر من جراء سقوط مثل هذه الاجزاء عند دخوله ويجب توفير أجهزة الفحص ومراجعتها قبل العمل بها وكذلك توفير أجهزة الســـــلامة الشخصية لدخول الخزان ، ويمكن تلخيص الاجهزة اللازمة للفحص فيما يلي :

ــ اجهزة قياس السمك بالموجات فوق الصوتية
ــ قاشـــــطة
ــ مطـــــرقة
ــ مقياس الاقطـار الداخليـة
ــ مقياس الاقطار الخارجيـة
ــ مسطرة حديديـة
ــ مقيـاس العمـــق
ــ مغناطيـــــس
ــ مصـــباح يـــدوي

- طباشـــير
وهناك أجهزة أخرى يجب أستحضارها عنـد اللـــزوم
- جهاز قياس العمودية (ثيودولايت)
- ميزان مائـي
- معـدات التنظيف بالرمـل
- صندوق تفريـغ الهـواء
- معـدات الفحص المغناطيسي
- معدات الفحص بالسوائل النافذة
- معـدات الفحص الشـعاعي

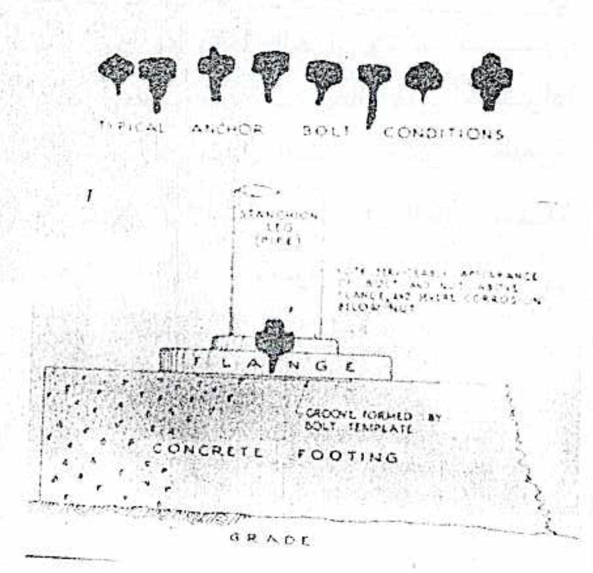
الفحص الخارجــي

يجب أ يبدأ الفحص الخارجي بفحص السلالم والمدارج والممرات والرباطات الخارجية خشـية أنكسار أو تاكل البراغي والبرشام وكذلك القواعد الخرسانية ، وغالبا مايبدأ التاكل في المناطـــق المحصورة بجانب البرغي والصامولة وتســتعمل القاشطة والمطرقة في أختيار كفـاءة البرشـام أو البرغي كما نلاحظ الشقوق والانهيارات في القواعد الخرسانية ، وقد يتكون التاكل تحت الصبغ ولـذا يجب ملاحظة الصبغ ومدى تماسكه على سـطح المعـدن ، والقاعدة الخرسانية للخزان يجب فحصها جيدا من حيث الهبوط ويمكن الأستعانة بجهـاز الثيودولايت كما يجب سد أي فراغ بين القاعـده الخرسانية وقاع الخزان خشية تسرب المياه تحت الخزان ، والشكل التالي يوضح أنهيار الحلقـة الخرسانية أسـفل خـزان -



شـكل رقـم (٢٤٧)

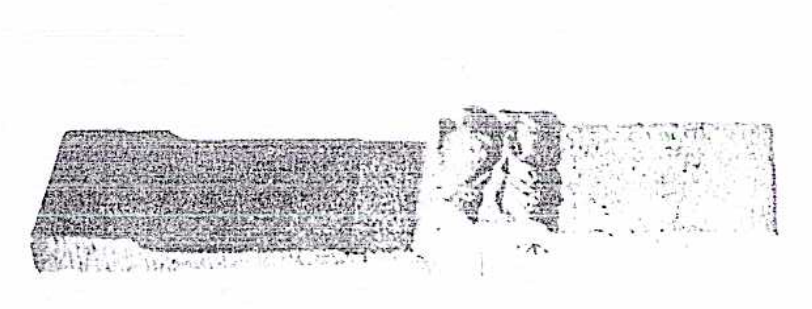
وبراغي التثبيت يمكن فحصها بطرقها جانبيا لمعرفة مدى التاكل كما في الشكل رقم (٢٤٨) :

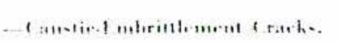


-Corrosion of Anchor Bolts
شكل رقم (٢٤٨) :

ويجب فحص جميع أتصالات الانابيب بالخزان عن طريق الفحص البصري بالاستعانة بالقاشطة لازالة أية ترسبات لاتظهر حالة الانبوب كما وأنه أذا كان هناك أنبوب يمتد داخل التربة فيجب حفر التربة لاحتمال وجود تاكل أرضي شديد في هذه المناطق وبعد تعرية الانبوب يجب تنظيفه بالقاشطة لاتمام عملية الفحص البصري كما يجب فحص أتصالات الانابيب لاحتمال الالتواءات من جراء هبوط الخزان خاصة أذا كان الخزان بمنطقة تتاثر بالهزات الارضية والبركانية ، كما يجب فحص النوزلات من حيث التاكل أو الشقوق ومن المفضل الاستعانة بالتنظيف بالرمل أو أستعمال فرشاة حديدية لتنظيف سطح المعدن ويمكن الاستعانة بالفحص بالجبيبات المغناطيسية أو السوائل النافذة لتأكيد الفحص البصري أيضا يجب فحص الاتصالات الميكانيكية في الخزان وأذا كان هناك أي شك من جراء وجود نضوح فيجب فحص المقاومة الكهربائية بين الخزان والتربة ويجب أن لاتزيد باي حال أكثر من (٢٥) أوم كما يجب فحص الصبغ والاغطية ويجب ملاحظة مناطق الصدأ والانتفاخات ومناطق أزالة الصبغ وهذه الاشياء من السهل ملاحظتها بالعين المجردة ويمكن الاستعانة بقاشطة أو سكين للمناطق المشكوك بها. ومناطق الانتفاخات في الصبغ غالبا ماتحدث في سقف الخزان وعلى الجوانب التي تتعرض لاشعة الشمس بصورة كبيرة وهي كثيرة الحدوث أسفل خطوط اللحام ومناطق النضوح ومناطق التاكل ومناطق البرشام والبراغي كما يجب ملاحظة الصبغ خاصة في الاسقف الطائفة حيث في الغالب يصعب أصلاحها في حالة أشتغال الخزان بليجب أعادة طلائهابعد تفريغ الخزان. وأذا كان الخزان معزول حراريا فيجب فحص العازل الحراري خاصة أماكن النوزلات كما في الامكان أزالة بعض عينات من العازل لفحص المعدن تحته وعند تحديد مناطق التاكل الخارجية للاسطح في مناطق أنهيار الصبغ أو تحت العازل أو تحت الصمامات فيجب أخذ قراءات لسمك المعدن وفي العادة تكفي عدة قراءات لكل حلقة من حلقات جدار الخزان وذلك بالاستعانة باجهزة السمك

فوق الصوتية ، ومناطق التاكل الموضعية يجــــب فحصها وقياس عمقها بوضع مسطرة حديديـــــة وتحديد عمق التاكل أو يمكن الاستعانة بمقيـاســـــس الحفر وأذا كان الخزان يستعمل لخزن مواد قاعدية فيجب التدقيق في الفحص لاحتمال وجود تلـــــف نتيجة لهشاشة المعدن القاعدية والاماكن المحتملـــة لمثل هذا النوع من التلف هي أماكن أتصال ملفات التسخين للخزان ويظهر هذا النوع من التلف على هيئة شقوق تبدأ من داخل الخزان وتمتد الـــــى الخارج وأذا وجدت مثل هذه الحالة فأن المـــواد القاعدية تتسرب من خلال الشقوق وتكون ظاهرة للعيان على شكل املاح مترسبة وفي الغالب بيضاء اللون ، وهي حالة خطرة لانهيار المعدن كما فـــي الشكل التالي شكل رقـــم (٢٤٩)



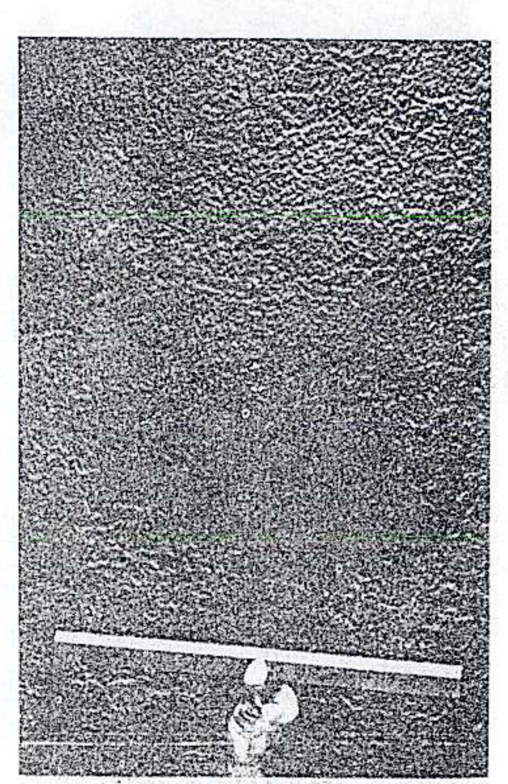

—Caustic Embrittlement Cracks.

شـــكل رقـــم (٢٤٩)

ويجب فحص جدار الخزان والقاعـدة لاحتمال وجود جيوب هيدروجينية وهذا النوع من التلف قد يظهر على جدران الخزان من الداخل أو من الخارج ويمكن ملاحظتها بسهولة بواسطة الفحص البصري بمساعدة مصباح قوى وعند وجود عدد كبير مـن الجيوب الصغيرة يمكن ملاحظتها بمرور الاصابـع على سطح المعدن ويجب تحديد مناطق الجيـوب الكبيرة وتسجيلها وذلك حتى يمكن فحصها بصورة أكبر عند تفريغ الخـــزان .

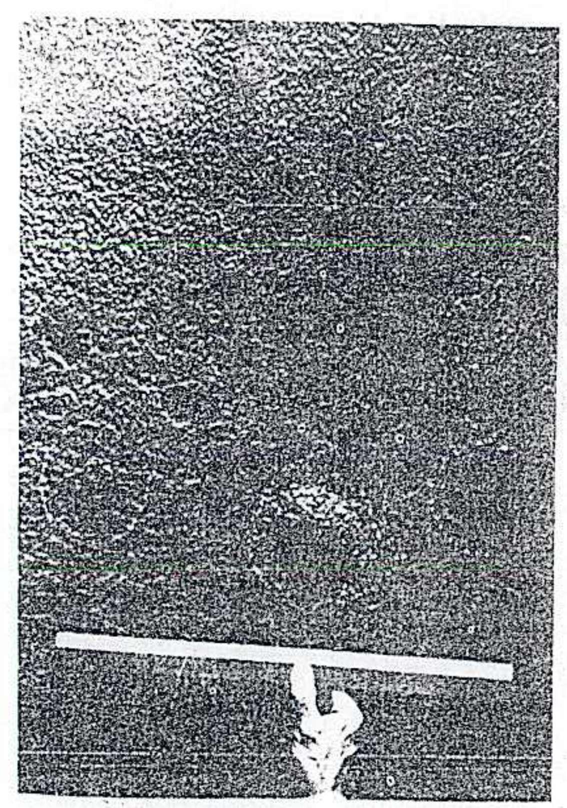
وبالاضافة الى فحص مناطق التاكل يجب فحص جدار الخزان من حيث النضوح والشقوق والانبعاج وفي الغالب فان النضوح يمكن ملاحظته بتغير اللون او أزالة الصبغ في المنطقة أسفل النضوح .

والاشكال التالية توضح جيوب هيدروجينية أو التاكل بالهيدروجين .



—Large Hydrogen Blister on Interior of Shell of Tank.

شـــكل رقـــم (٢٥٠)



—Small Hydrogen Blisters on Interior of Shell of Tank.

شـــكل رقـــم (٢٥١)

وعند وجود نضوح خلال شق فيجب عزل الخزان عن الخدمة باسرع وقت واجراء الفحص والتصليح اللازم والاماكن المحتملة لوجود الشقوق هـــي البرشام والبراغي أو أي أتصالات أخرى بالخزان واتصال جدار الخزان مع القاعدة للخـــزانات الملحومة.وعادة يحتاج الفاحص الى دقة كاملـــة لاكتشاف الشقوق ويجب الاستعانة بالتنظيـــف بالرمل لفحص المناطق المشكوك بها واســـتعمال أساليب الفحص المغناطيسي أو السوائل النافذة •

أن أنبعاج أو التواء الواح الخزان يمكن ملاحظتها بالفحص البصري وغالبا مايمكن ملاحظتها عـــن بعد ولكن أذا كان الانبعاج قليل نتيجة لحامـــات موضعية فيمكن الاستعانة بمسطرة حـــديدية ووضعها على سطح الجدار والانبعاجات تنشأ في الغالب نتيجة الرياح أو الزلازل أو وجود فـــراغ Vacuum في الخزان نتيجة تلف فتحات أو صمامات السلامة كما في الشكل التالي :



–Tank Failure Caused by Inadequate Vacuum Venting.

شـــكل رقـــم (٢٥٣)

وعندما يكون الخزان مصنع باللحام وبـــه التواءات خطيرة ففي الغالب فأن خطوط اللحـــام تكون بها أجهادات عالية والتي قد ينشأ عنها شقوق وكما ذكرنا في السابق أماكن أحتمال وجود الشقوق هي على خط اللحام بين القاعدة والجدار وكذلـــك على خطوط اللحام الراسية وعند الشك بوجـــود الشقوق فيجب الاستعانة بالفحص بواسطة الحبيبات المغناطيسية أو أي فحص مناسب وفي مثل هـــذه الحالات يجب تنظيف خطوط اللحامات بواســـطة الرمل أو الفرش الحديدية وفي بعض الحـــالات الشاذة يكون من المناسب تجليخ اللحامات للحصول على سطح ناعم • وعملية التجليخ يجب أن لاتتـــم في حالة وجود مادة في الخزان ويمكن أســـتعمال السوائل النافذة لاكتشاف الشقوق وطريقة الفحص بالحبيبات المغناطيسية يمكن أستعمالها عنـــد أشتغال الخزان كما يمكن الاستعانة بالفحـــص الشعاعي وفي هذه الحالة يجب تفريغ الخزان مـــن المادة وأذا كان الخزان مصنع بالبرشام أو البراغي فيجب أختيار بعض منها بطريقة عشوائيـــــة

وفحصها من حيث جودةالالتصاق وتتم طريقـــة فحص البرشام أو البراغي من الجانب بواســطة مطرقة مع تحسس الجهة الاخرى بواسطة الاصبع وتحرك البرشام أو البراغي يعني عدم ســــلامة الوصلة كما يمكن الاستعانة أيضـــا بمفاتيـــــح الصواميل لاختبار البراغي • كما يجب فحص سقف

الخزان بواسطة المطرقة لاكتشاف مناطق التآكــل وفي هذه الحالة يجب أتخاذ أجراءات الســــلامة واستعمال الحزام الواقي خشية الوقوع داخـــل الخزان نتيجة المناطق المتهرئة وفي حالــة الخزانات ذات السقوف الثابتة يجب وضع سقالات بالطـول الكافي بحيث تستند على عوارض ثابته على الاقــل لحين أتمام عملية الفحص وبالنسبة للاسطح العائمة

يجب أتخاذ نفس الاحتياطات بالاضافة الى أخــذ الاحتياط من جراء الابخرة السامة أو الضــــارة فيجب أن يكون الخزان في أحسن وضع بحيث لايكون هناك مكان محصور للابخرة ويجب ملاحظة النضوح في سقف الخزانات في حالة الخدمة ويجب أن يتــم الفحص بالعين المجردة وبالسرعة المناسبة وأذا كان من اللازم الدخول الى داخل البنتون أو بين الاسقف المزدوجة فيجب أخذ الاحتياطات اللازمـــــة.

والنضوجات التي تظهر على حواف مانعات التسرب لسطح الخزان قد يكون من الصعب ملاحظتهـــــا بالعين المجردة ولكن في الغالب فأن هذه النضوحات لاتمثل خطورة كبيرة مثل النضوحات الاخرى ورغم أن النضوحات في هذه الاماكن تعتبر طبيعية الا أنه

في حالة زيادة النضوح فان ذلك يعني تلف مانـــع التسرب وفي العادة يمكن أصلاح مثل هذا التلـف بمانع التسرب أثناء أشتغال الخزان أما أذا كانــت عملية التصليح صعبة أثناء الاشتغال فيجـــــب تسجيل ذلك في الملاحظات لحين فتح الخـــــزان للصيانة الشاملة كما يجب فحص مجموعة تصريف مياه الامطار للخزانات ذات السطح العائم بين فترة واخرى لاحتمال نضوحها أو أنسدادها فأن أنسداد هذه المجموعة وتكدس المياه بها قد تسبب في غمــر البنتوت. أما سكة السلم على سطح الخزان يجب أن

تفحص بعناية بنفس الطريقة وعادة يكون التآكــل في سطح الخزان بالغ الخطورة في المناطق المنخفضة حيث تتراكم فيها المياه الى أن تتبخر وعندما يكون بالخزان مواد أو أبخرة ماكلة فأن نضوح هـــــذه المادة من خلال الثقوب في سقف الخزان وفتحــات التنفيس ومن مانعات التسرب وماشابه ذلك يتسبب عادة في تآكل خارجي عنيف حول مناطق الثقــــوب

ويجب أخذ قراءات السمك في المناطق المظهرة للتاكل الشديد بواسطة الاجهزة فوق الصوتية كما يجــب فحص الاجهزة الاضافية مثل مانعات اللهب فيجب ان تفتح في فترات محددة حسب الخبرة لكل موقع لفحصها وتنظيفها وملاحظة التاكل فعادة تتســبب

الحشرات والطين في انسداد هذه المجموعة كمـــا يخشى من أنسداد فتحات التنفيس مما يقلل الى حد كبير من مقدرتها في تنظيم الضغط داخل الخـــزان ومما يسبب احتمال انهيار الخزان واذا كان الخزان

مرتبط بمجموعة جمع الغازات فيجب فحصها مباشرة كما يجب فحص مانعات الصواعق وقضبان التوصيل الكهربائي الارضي من جراء التآكل أو التعرية والمحافظة على مقاساتها •

الفحص الخارجي للخزان حالة عزله

يتعرض قاع الخزان من الداخل للتآكل خاصة اذا كان موضوع على قاعدة ترابية ومن الصعب فحص القاعدة اثناء اشتغال الخزان ولكن في حالة عزل الخزان عن الخدمة يمكن فحص القاع من الخارج عن طريق فتح مجاري في القاعدة الترابية لعملية الفحص واخذ عينات لقاع الخزان ويجب ملاحظة ان يتم ذلك في مناطق قريبة من الحافة وان يعاد ملىء الممرات بالرمل والحجر الجيري الصغير كما وانه في هذه الحالة يمكن فحص مجموعة الانابيب المتصلة بالخزان بواسطة المطرقة للكشف عن المناطق قليلة السمك خاصة لمناطق المنحنيات والنوزلات واذا كانت بعض الانابيب مغمورة في الارض فيجب حفر التربة وكشف الانبوب خاصة في مناطق الدخول الى التربة حيث يكون التآكل الخارجي في هذه المناطق شديد ، كما يجب فحص السقف بالمطرقة في جميع مناطقه بدون النظر الى مناطق التآكل الظاهرة. والسطح الداخلي للسقف يتعرض لتآكل سريع نتيجة وجود ابخرة ماكلة وبخار الماء مع احتمال وجود هواء او اوكسجين والفحص المطرقي في هذه الحالة يجب أن يتم بطرقات قوية ، ويجب ان يتم العمل بنظام للتأكد من فحص جميع مناطق السقف وبعد اتمام عملية الفحص يجب اعادة المناطق التي تأثرت بالفحص اما المناطق التي يحدث بها انبعاج او ثقوب نتيجة الفحص فيجب تصليحها بعناية والصوت الناتج من المطرقة وكذلك اثر المطرقة يعطي فكرة واضحة عن سمك الواح السقف فصوت الالواح المتآكلة يكون خافت وينهار المعدن تحت المطرقة او قد يتسبب في ثقبة والشكل التالي يوضح التآكل في سقف خزان :ـ



—Example of Severe Corrosion of Lead-Lined Tank Roof.

شكل رقم ـ٢٥٣ـ

وفي الخزانات ذات السقوف الثابتة وكذلك عند فحص السقف الداخلي للاسطح المزدوجة يجب اتمام عملية الفحص المطرقي قبل تنظيف قاع الخزان حيث تنهار كمية كبيرة من الصدأ والقشور نتيجة عملية الطرق وبالاضافة الى الفحص المطرقي يجب اخذ قراءات لقياس السمك بواسطة الاجهزة فوق الصوتية •

ومعظم السقوف العائمة للخزانات تجهز بشرائح مرشدة guides تمنع دوران السقف ويجب فحص هذه الشرائح من جراء التآكل او الالتواء .

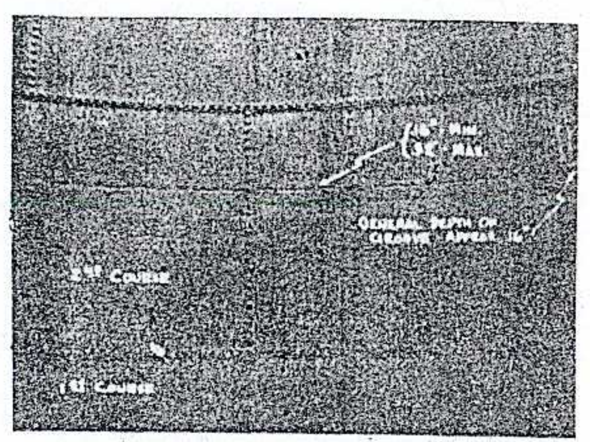
الفحص الداخلي :ـــ

الفحص الداخلي يستلزم عزل الخزان عن الخدمة ويجب في هذه الحالة تنظيم عملية الفحص حتى تتم في اقل وقت فتجهز الاجهزة والمعدات اللازمة وتجهز السقالات والسلالم واي معدات اخرى قد يحتاج اليها في عملية الفحص .

كما أنه من المفيد أخذ صور فوتوغرافية اثناء عملية الفحص لتسجيل المشاهدات المفيدة وفي البداية يتم الفحص بصورة عامة بواسطة العين المجردة وكما سبق القول يفضل في البداية فحص السقف والمنشآت الخارجية قبل الدخول الى الخزان ثم بعد ذلك يفحص الجدار ثم القاع ويجب تسجيل المشاهدات الاولية وتعيين مناطق التآكل حتى يتم فحصها بعد ذلك بعناية وفي العادة فان المناطق التي يتم عليها الفحص المركز هي المنطقة المتعرضة للابخرة وكذلك منطقة مستوى السائل وقاع الخزان .

انواع ومناطق التآكل :ـــ

عادة يعتمد التآكل الداخلي للخزانات على طبيعة المادة المخزونة وعلى معدن الخزان وطريقة صنعه او اذا كان السطح الداخلي مغطى او مصبوغ بطلاءات مقاومة للتآكل .وحالات التآكل الشديدة غالبا ماتشاهد في الخزانات المصنوعة من الحديد والمستعملة لخزن المواد الكيمياوية والماكلة . والتآكل قد يكون منتظم في مثل هذه الخزانات اما في المصافي الاعتيادية فان خزانات المواد النفطية



—Example of Vapor-Liquid Line Corrosion.

شكل رقم ـــ٢٥٤ـــ

تتعرض للتآكل في منطقة الابخرة فوق مستوى السائل المخزون من جراء وجود ابخرة مثل كبريتيد الهيدروجين والمخلوط مع الهواء، كذلك فان الخط الفاصل بين السائل والابخرة يتعرض للتآكل السريع خاصة اذا كانت المادة المخزونة اكثر كثافة من الماء ورغم ان هذه المواد ليست كثيرة في مصافي النفط الا أنه في هذه الحالة يطفو الماء على السائل المخزون ويعمل على تكوين احماض مخففة تزيد من عملية التاكل والشكل اعلاه تاكل من هذا النوع .

والشكل السابق لحالة خزن حامض كبريتيك بتركيز ٩٨٪ (ومثل هذا التركيز غير مؤاكل للحديد) ولكن وجود الرطوبة المتجمعة في الخزان قد جعلت الحامض على الخط الفاصل مخفف ومؤاكل بدرجة شديدة لجدار الخزان مما أظهر مجرى عميق في المعدن .

وعندما تكون المادة المخزونة تحتوي على املاح حامضية او مركبات فان هذه المواد ترسو الى القاع وبوجود الماء يتكون حامض مخفف مما يتسبب في تاكل القاع ومثل هذه الحالة قد ينتج عنها التاكل على شكل حفر وفي الغالب فان مثل هذه المناطق تشاهد تحت الثقوب او الفتحات في سطح الخزان حيث يمكن دخول الماء وايضا تلاحظ تحت مناطق سقوط القشور او الصدأ والتي تسقط على القاع ..

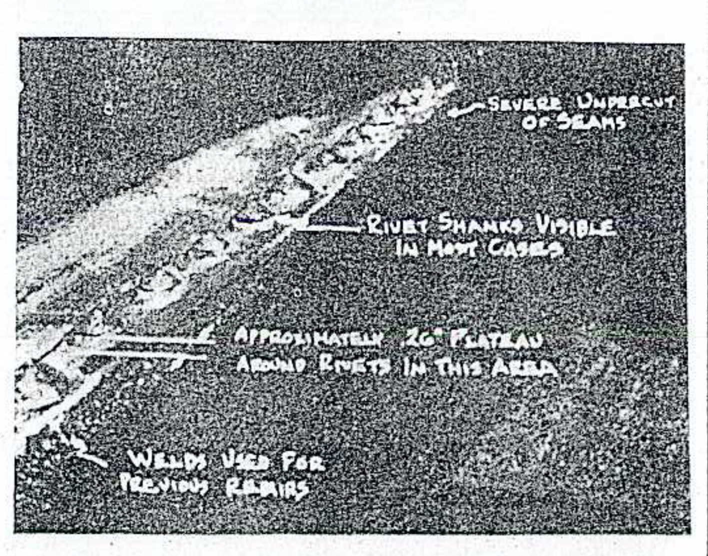
ومن انواع التلف الذي يحدث في جدار الخزان هو التآكل بالهيدروجين مما ينتج جيوب مملوءة بالهيدروجين وكذلك الهشاشة القاعدية وهذه الحالات من التآكل قد تحدث ايضا في السقوف والقاع ولكنها اقل احتمالا . والالواح الحديدية التي تحتوي على فجوات داخلية من الخبث او وجود طبقات مفصولة Lamination فانها اكثر احتمالا للتآكل بالهيدروجين .

والهشاشة القاعدية غالبا ماتحدث في الخزانات المستعملة لخزن القواعد والاماكن التي بها اجهادات داخلية عالية اكثر تأثرا بالمهاجمة ومثل هذا النوع من التآكل اكثر احتمالا عندما ترتفع درجة الحرارة لاكثر من ١٥٠°ف ولذا فأنها اكثر احتمالا حول ملفات التسخين واتصالاتها . ولذلك فان الفحص البصري الاولي ضروري قبل اجراء الفحص المفصل وقبل اجراء عملية الفحص التفصيلي يفضل ازالة أي شيء معلق خشية سقوطه فاذا كانت حوامل السقف متاكله فيجب تامين عدم سقوطها قبل أجراء الفحص الشامل وعند ذلك قد نحتاج الى تنظيف مناطق التاكل بالرمل وتنظيف القشور والرواسب وغيرذلك .

قاع الخزان :ـ

يفحص قاع الخزان بالمطرقة في جميع المناطق ويجب ان تتم العملية بنفس النظام السابق كما في فحص السقوف والجدران ويجب ملاحظة اماكن التآكل والحفر اثناء عملية الطرق وفي اغلب الاحيان يكون من الصعب مشاهدة الحفر لانسدادها بواسطة الرواسب ولكن عند الطرق فان الرواسب تقفز من الحفر وفي الامكان مشاهدتها كما يمكن

استعمال القاشطة لتنظيف الاماكن المشكوك بها او في الامكان استعمال التنظيف بالرمل • والحفر الكبيرة العمق تحتاج الى قياسها بمقياس الحفر او استعمال مسطرة حديدية وسن مدبب ويجب فحص خطوط اللحام واكتشاف مناطق النضوح بالعين المجردة كما ان خطوط البرشام يمكن فحصها بواسطة قاشطة مدببة السن أو سكين تمرر على خط البرشام من الجانب وأذا تم الاحساس بوجود فتحة بين البرشام والمعدن فيجب فحصها بعناية

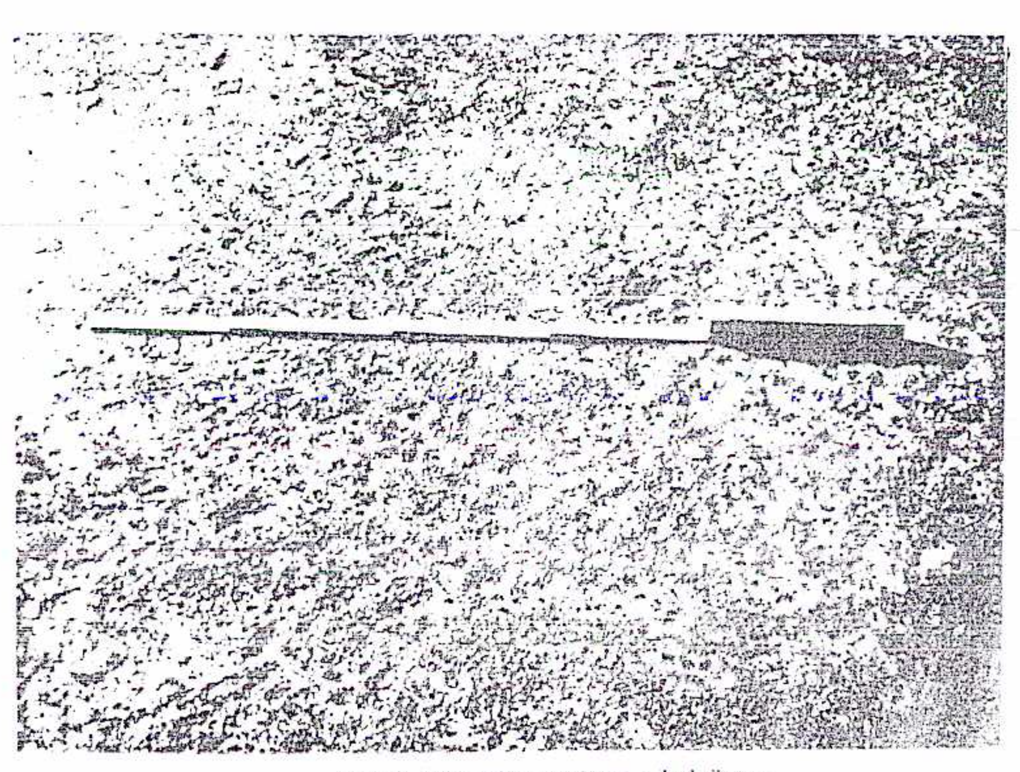


-Localized Corrosion-Erosion at Riveted Seam in a Tank Bottom.

شكل رقم ــ٢٥٥ــ

واكتشاف الخطأ كما يجب فحص خطوط البرشام عشوائيا بواسطة الطرق كما تفحص رؤوس البرشام لاكتشاف مناطق التآكل ويمكن الاستعانة بالقاشطة لتنظيف السطح من مكونات التاكل ويجب تقدير عمر البرشام المتاكل وهل هو صالح الى حين الفحص التالي • والشكل رقم (٢٥٥) يوضح حالة تآكل شديد في قاع الخزان وحول خطوط البرشام •

والخزان الذي يحوي على مواد حامضية وبه جهاز تحريك او خبط قد يتأثر بصورة اكبر من جراء التاكل والتعرية خاصة في الاماكن القريبة من خطوط البرشام ذات الاجهادات الداخلية العالية ، وكما يجب فحص المناطق المنبعجة الى الاسفل بعناية وحول مناطق الاتصالات بالانابيب والمثبتات والاماكن الضيقة التي قد تحجز بها المياه مما تتسبب في تآكل موضعي سريع بعد ذلك تؤخذ قراءات لسمك القاعدة وتسجل ، وعدد القراءات يعتمد على سعة الخزان ودرجة التآكل فاذا كانت مناطق التآكل قليلة تكون القراءات محدودة اما اذا كان التآكل شديد فيجب اخذ قراءات مستفيضة لتحديد المناطق الضعيفة ذات السمك القليل •



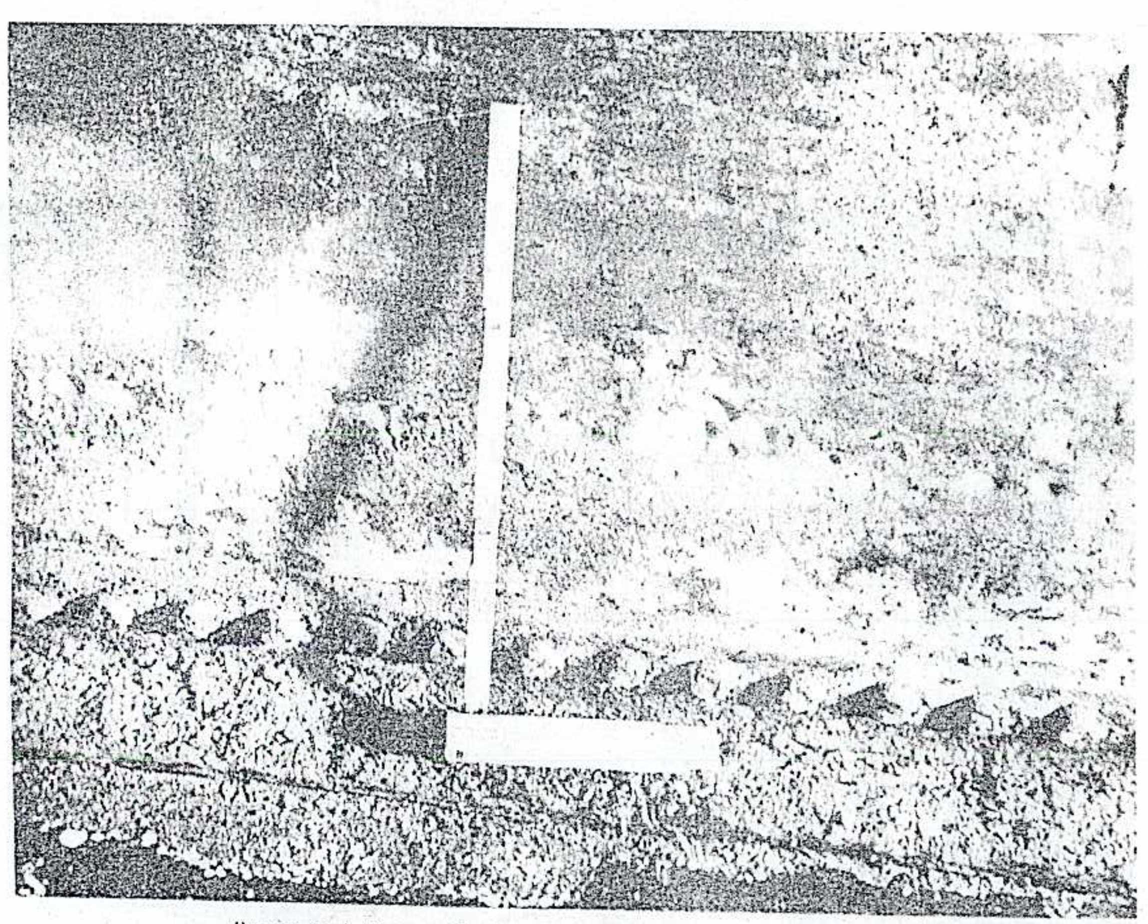
Example of Extensive Corrosion of a Tank Bottom.

شكل رقم -٢٥٦-

والتاكل الذي يحدث في قاع الخزان من الخارج ،خاصة الخزانات الموضوعة على التربة،لايمكـن بسهولة اكتشاف مناطق التآكل ولكن نستطيع لحد مـا اكتشاف مناطق التآكل بواسطة الطرق من الداخل او باخذ قراءات بالاجهزة فوق الصوتية وعندما يتطلب الأمر ضرورة الفحص من السطح الخارجي يمكن أخذ عينات مـن الـواح القاعـدة بقياس ١٢ انج × ١٢ أنج ثم ١٤ × ١٤ أنـج وتزداد باستمرار حتى اكتشاف جميع المناطق المتآكلة وفي حالة صلاحيـة الالواح يمكـن أستعمال القطـع الكبيرة كغطاء للفتحة الصغيرة وهكذا أقتصـادا لعملية التصليح وعند اكتشاف مناطق شديدة التآكل يمكن اخذ عينات اكثر من قاع الخزان .

فحص جدار الخزان :ـ

في بعض تصاميم الخزانات يوجد غطاء حديدي على شكل زاوية بين القاع والجدار كما موضح بالشكل التالي :

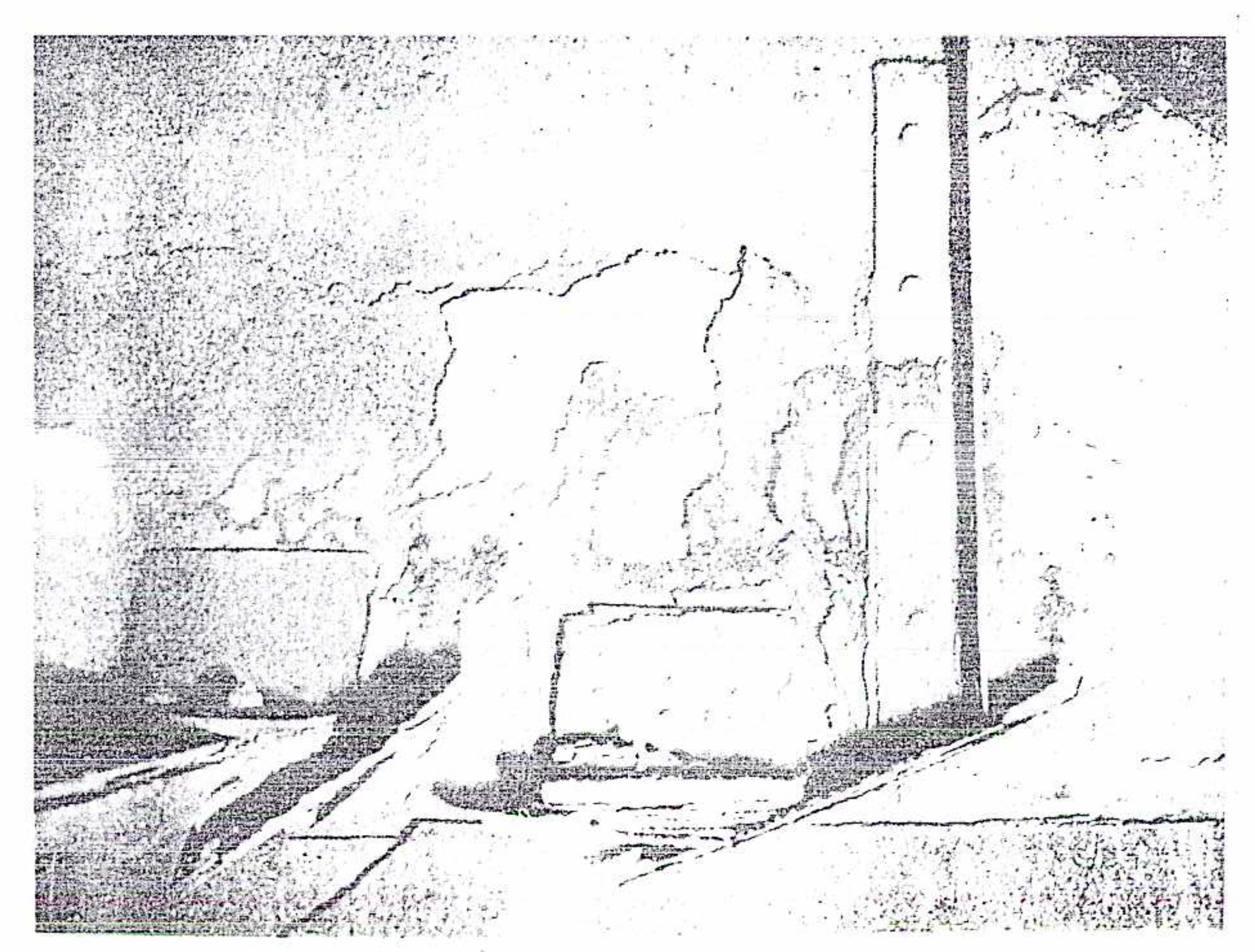


. Bottom Angle Between Bottom and Shell; Also Shows Deep Pit Corrosion in Shell.

شكل رقم ـ٢٥٧ـ

وفي هذه الحالة يجب فحص اللحامات بـــين الجدار والزاوية لاحتمال وجود شقوق وهـــذه المنطقة يجب تنظيفها بالرمل وفحصها بالســوائل النافذة او الحبيبات الممغنطة ومناطق النضـــوح التي تم ملاحظتها في الفحص الخارجي يجب التركيز على فحصها من الداخل حسب الحاجة ويجـــب فحص الجدار بالكامل واكتشاف مناطق التآكــل

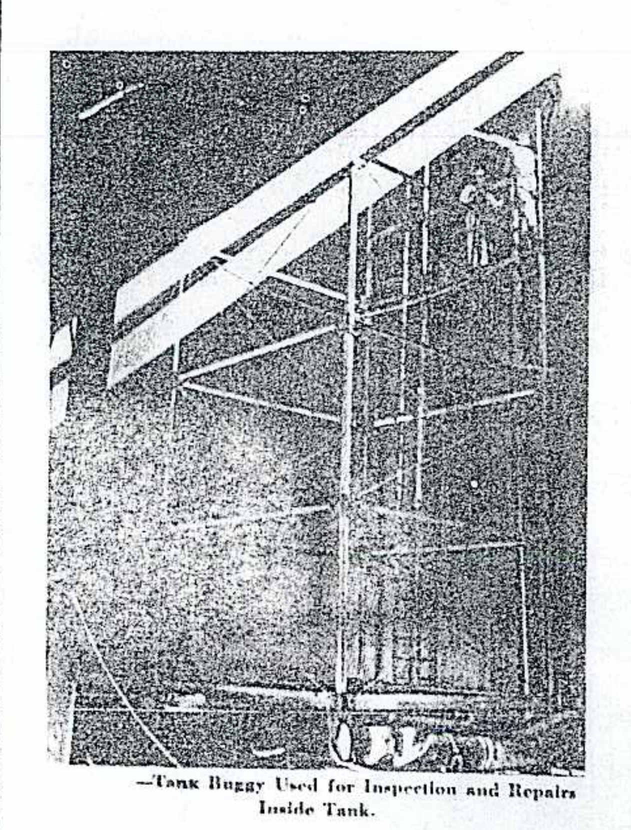
وكما سبق القول فان مناطق حيز التبخير ومناطق الحد الفاصل بين السوائل والابخرة هي المناطق التي يجب ان يتم التركيز على فحصها واذا كــان نوع الخدمة يتطلب التغير المستمر في سطح السائل مما يجعل سطح الجدار دائم الرطوبة فيجـــب التركيز على الجدار بالكامل والشكل رقم (٢٥٨) يوضح التآكل في حيز التبخر •



Example of Vapor-Space Corrosion.

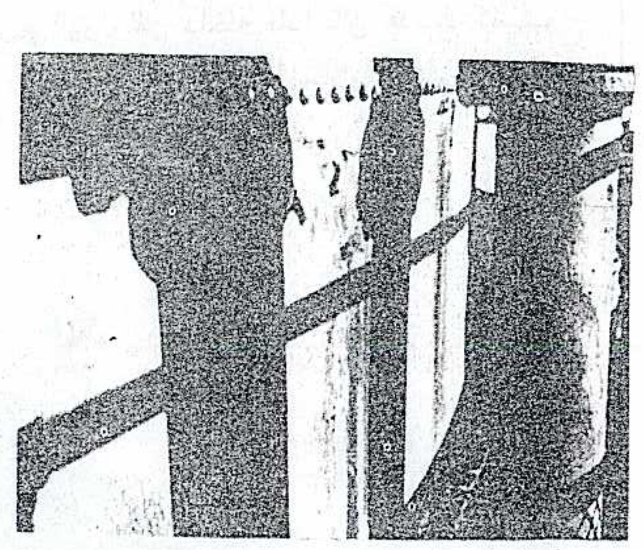
شـــكل رقـــم ٢٥٨

والشكل رقم (٢٥٩) يوضح تاكل شديد مما نتج عنه ثقوب في جدار الخزان •



—Tank Buggy Used for Inspection and Repairs Inside Tank.

شكل رقم —٢٦٠—



External View of Corrosion-Erosion Completely Through a Tank Shell.

شكل رقم —٢٥٩—

وعند اكتشاف مناطق تآكل شديد يجب اخذ قراءات للسمك من الداخل ومقارنتها بالقـــراءات المأخوذة من الخارج واذا كان ارتفاع الخزان كبيرا فيجب استعمال الثقالات المنصوبة على عجـلات كما في الشكل رقـــم (٢٦.)

وعند فحص الجدار يجــب التركيــز علـــى النوزلات بالجدار والتأكد من عدم وجود شقوق في لحامات النوزلات وفي الامكان الاستعانة بضوء قوي وعدسات مكبرة لاتمام العمل وعند اكتشاف اي شق فيجب اجراء فحص تفصيلي بواسـطة

الحبيبات الممغنطة او السوائل النافذة او الفحص الشـــعاعي •

فحص النضوحات :ـــ

يجب الاعتناء بفحص النضوحات سواء في القاع أو في الجدران وذلك بالاستعانة بالسوائل النافذة مثل الكيروسين او السوائل النافذة المضيئة كمـــا يمكن استخدام صندوق التفريغ لفحص القاعدة ويمكن تأهيل صندوق التفريغ لفحص الجدار وفي هـــذه الحالة يدهن السطح المراد فحصه بواســـــطة محلول صابوني كثيف ثم يضغط علـــى الصندوق ويفرغ الهواء من داخله فاذا كان هنـــاك نضـــوح ظهرت فقاعات هوائية حول مناطق النضوح والشكل رقم (٢٦١) يوضح ذلك :ـــ

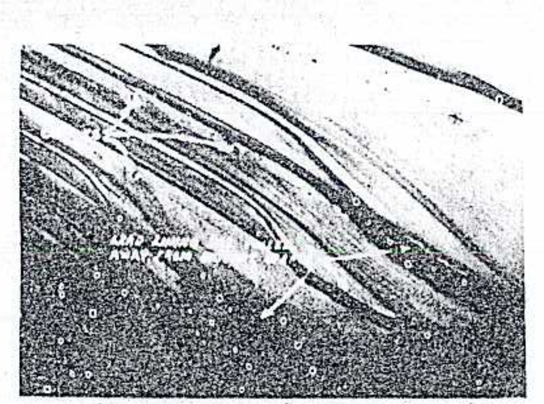


شكل رقم ـــ٢٦١ـــ

وقاعدة الخزان المنصوبة على التربة يمكــــن فحصها بطرق عديدة منها ان نوضع طين كمانــع للتسرب حول قاعدة الخزان من الخارج ويغطـى قاع الخزان من الداخل بواسطة محلول صابوني ويضخ هواء من اسفل قاع الخزان بضغط لايزيد على (٣) انجات من الماء بواسطة خرطوم داخـل السدة الطينية من الخارج ويفحص القاع مـن الداخل فاذا ظهرت فقاعات هوائية دل ذلك علـى وجود نضوح في تلك المنطقة • وهناك طريقة أخرى وذلك بضخ مياه تحت قاع الخزان مع عمل السدة الطينية من الخارج كما سبق وبارتفاع (٦) أنجات ثم يلاحظ قاع الخزان من الداخل واكتشاف مناطق نضوح المياه والطريقة الثالثة يملىء الخزان بالمـاء لارتفاع (٦) انجات ويضخ الهواء من اسفل القاعدة ويلاحظ الخزان من الداخل من جراء وجود فقاعات هوائية تدل على اماكن النضوح •

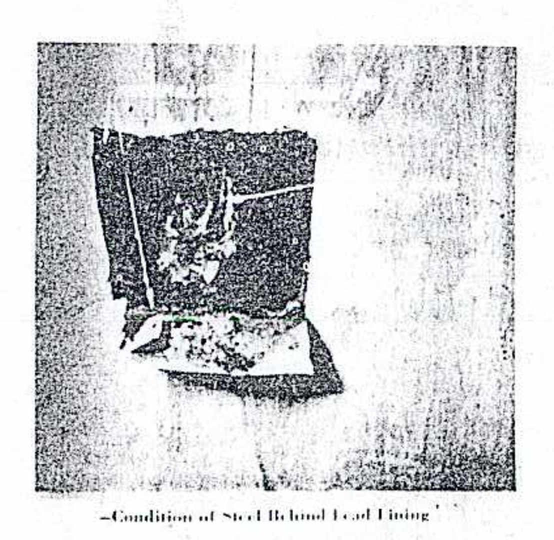
اغطية مقاومة التآكل :ــ

اذا كان سطح الخزان من الداخل مغطـى بطبقات مقاومة للتآكل مثل الواح الرصـاص او الواح الصلب الكرومي أو المطاط او المواد الكيمياوية او العضوية أو الزجاج أو السمنت فبالطبع يكـون الفحص الداخلي مختلف لحدما والاشكال التاليـة توضح التلف الشديد في اماكن سقط عنها الغطـاء أو حـدث فيهـا نضـوح :



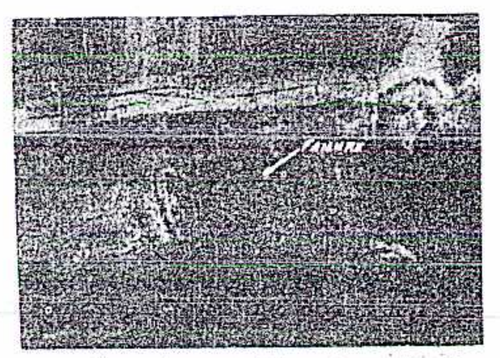
-Deterioration of Lead Lining on Roof of Tank -Caused by Leaks in Lining.

شكل رقم ــ٢٦٢ــ



-Condition of Steel Behind Lead Lining

شكل رقم ــ٢٦٣ــ



—Failure in Lead Lining at Bottom Knuckle of Tank.

شكل رقم -٢٦٤-

ومن الاشياء المهمة الواجب ملاحظتها عند فحص البطانات المقاومة للتآكل هي وجود الثقوب أو الشقوق في البطانة أو أن البطانة قد أنعزلت • وعادة تستعمل الواح الرصاص في حالات خزن المواد المؤاكلة الشديدة وعند فحص بطانات الرصاص تخدش باله حادة أو بالسكين حتى تزول الطبقة السوداء ويظهر المعدن اللامع ويلاحظ اي عيب في الواح الرصاص • ويمكن أستعمال السوائل النافذة بصورة جيدة لاكتشاف الثقوب الصغيرة والشقوق في البطانات وعادة تكون وصلات اتصال الواح الرصاص مع بعضها اكثر احتمالا لوجود الثقوب كما ان وجود انتفاخ في البطانة يعني في الغالب وجود نضوح خلف البطانة اما في البطانات بالواح الصلب الكرومي أو المونيل فان النضوح يكون في الغالب لوجود شقوق في اماكن اللحامات وعادة فان فحص بصري دقيق يكون كافي في اغلب الاحيان ، وبنفس الاسلوب السابق يتم فحص الهيكل الحديدي الداخلي للخزان وكذلك المعدات الداخلية وملفات التسخين وغير ذلك •

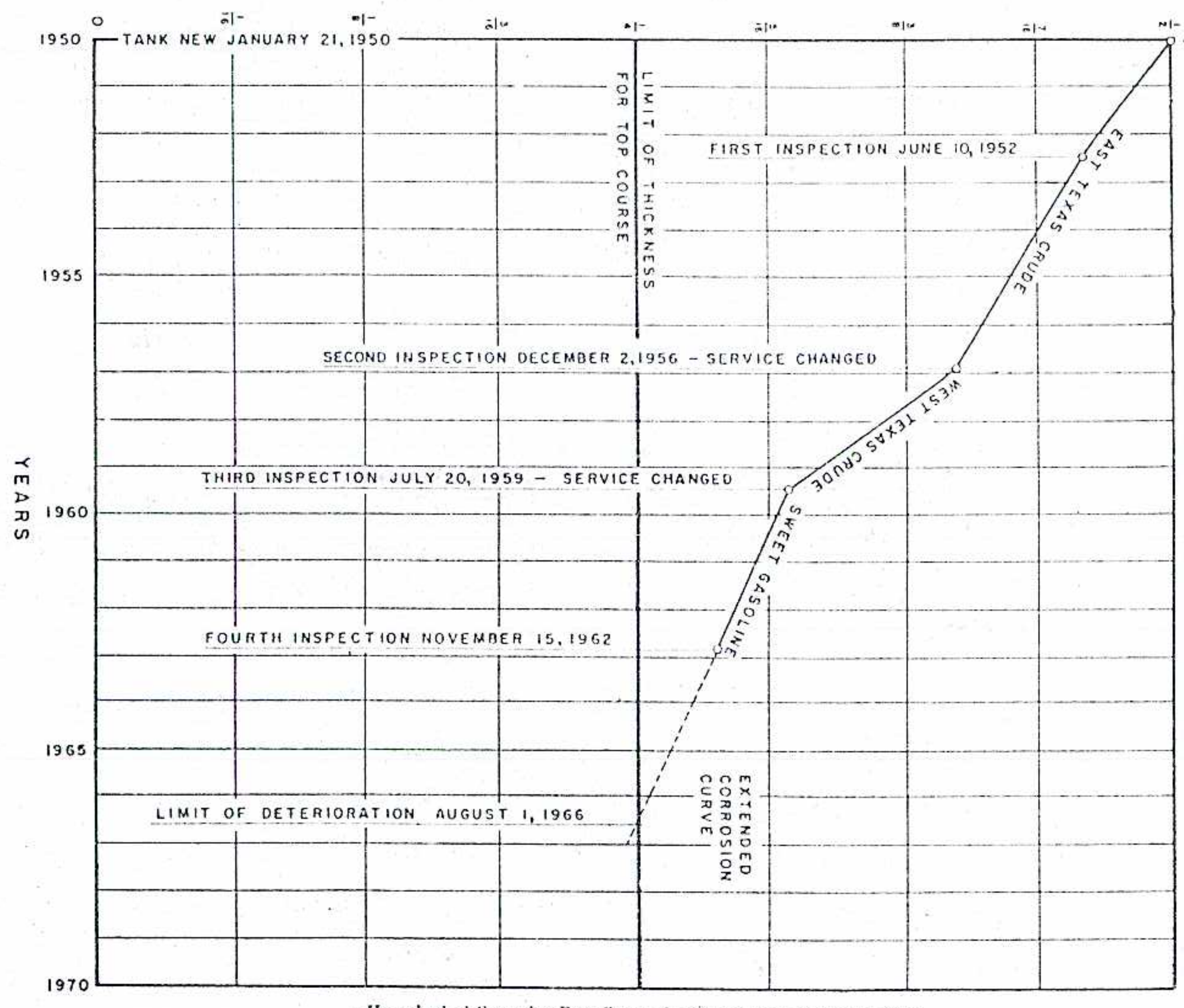
اختبار الخزانات :-

يتم عمل اختبار لصلاحية الخزان عند بنائه لاول مرة كما يتم أختبار الصلاحية دوريا عند كل أصلاحات جسيمة للخزان للتاكد من عدم وجود نضوحات والتاكد من أن التصليح قد تم بنجاح ونعني هنا بالاصلاحات الجسيمة مثل عمل قاع جديد أو تغطيته بالواح في بعض المناطق أو اصلاح أماكن كبيرة من الجدار بواسطة وضع الواح جديدة وفي هذا الاختبار يملىء الخزان بواسطة سائل أو غاز حسب ضغط مناسب لفحص متانة الخزان وعدم نضوحه ، وبالنسبة للخزانات ذات الضغط الجوي والتي هي مصممة بالاساس بحيث تتحمل ضغط ٢/١ باون على الانج المربع كحد أعلى بالاضافة الى الضغط الاستاتيكي للسائل المخزون فيتم الفحص بملىء الخزان بالماء بارتفاع مناسب وتفحص المناطق من الخارج لاكتشاف أي نضوحات سواء بالقاعدة أو الجدار •

حدود التفاوت المسموح به عند الفحص

أن عملية الفحص للخزانات قد تفقد جزءا كبيرا من قيمتها أذا لم يحدد سابقا حدود التآكل المسموح به ومقدار التلف الذي يمكن التغاضي عنه بحيث يسمح بتشغيل الخزان بامان وفي الحقيقة يجب التركيز على مشكلتين أساسيتين :

١ ـ معدل التاكل الذي يسبب التلف
٢ ـ حدود التلف التي يمكن عندها أســتعمال الخزان بامان وعندما يكون التاكل منتظم فيفضل عمل رسم بياني لمعدلات التاكل بين الفقــــدان للسمك والزمن والشكل التالي يوضح أحد هــذه المنحنيـــات .



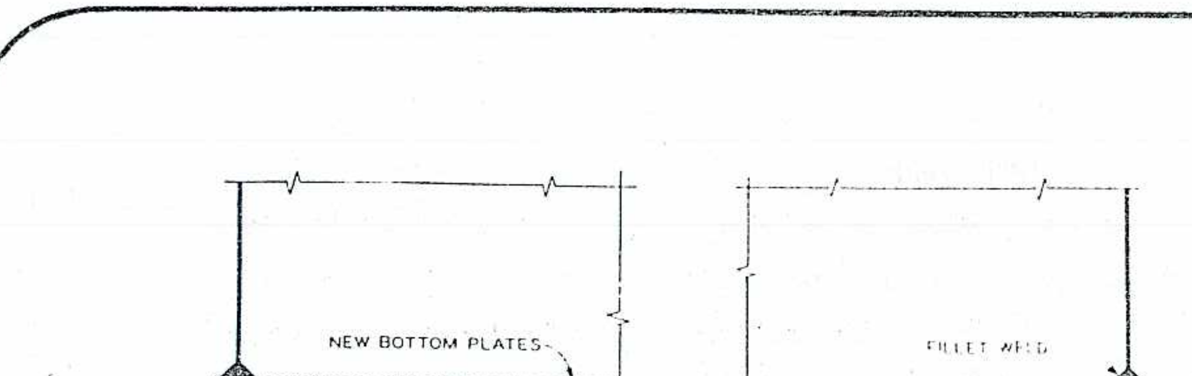
—Hypothetical Corrosion-Rate Curves for Top Course of Storage Tank.

شـــكل رقـــم (٢٦٥)

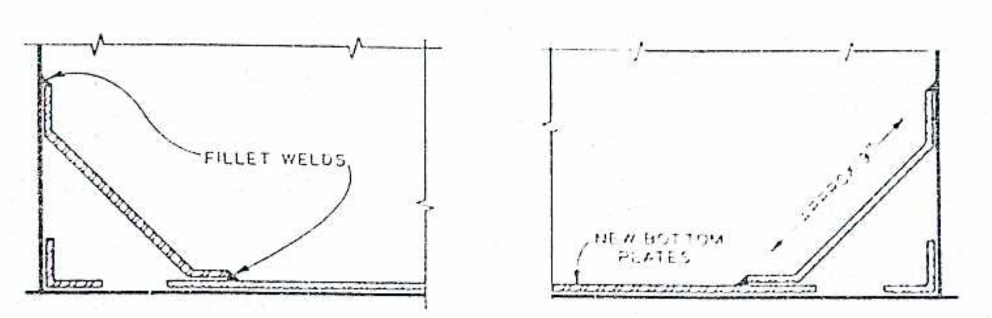
أما انواع التلف الاخرى مثل التلف الميكانيكي أو من جراء الرياح الشديدة أو الشقوق في المعدن أو الانهيارات الناتجة عن عيوب التشغيل لاتدخل في حسابات التاكل المنتظم وفي الحقيقة لايمكن توقع وقت حدوث مثل هذه ولذا يتم الفحص دوريا سواء أثناء الخدمة أو الفحص الشامل •

طرق التصليح

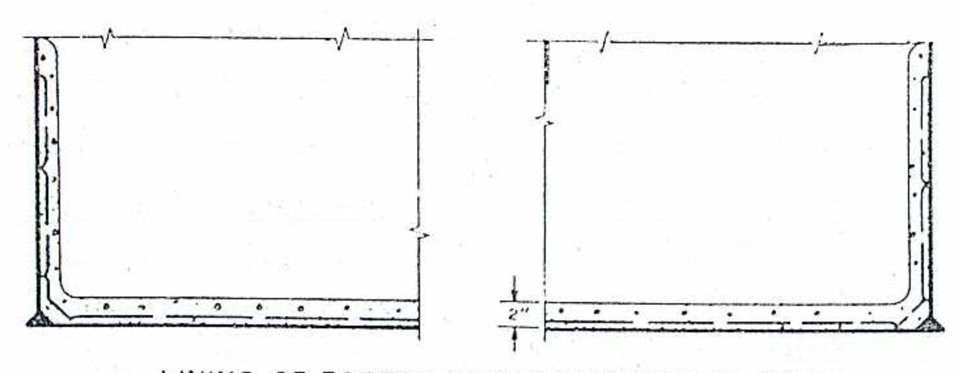
في الحقيقة أن طرق التصليح والصيانة العامة ليست من واجب الفاحص ولكن يجب على الفاحص أعطاء أرشادات كافية ومفصلة عن طريقة التصليح والصيانة والتي تكون من وجهة نظره كافية لوقف التلف وجعل الخزان أمين للاشتغال القادم• وقبل أجراء أي تصليحات على الخزان يجب أن تتوفر المعلومات الكاملة عن النظم المستخدمة في بناء الخزان والقواعد والاساسيات القياسية المستخدمة في بناء الخزان حتى تتم عملية التصليح في ضوء هذه التعليمات والقواعد والتي سبق وان أتبعت في بناء الخزان وهناك عدد من التصليحات التي تتم على الخزانات تكون من النوع الذي يؤثر على متانة الخزان أو عوامل الامان المتوفرة فيه وعليه فان مثل هذه العوامل تخضع للقواعد المنصوص عليها في النظم والتي تتطلب أعادة الفحص بعد أتمام التصليحات وعادة فانه من المستحسن عمل مسح شامل بالفحص البصري لملاحظة التصليحات التي تمت على الخزان ويجب تدقيق التصليحات التي تم تنفيذها والتي سبق تدوينها أثناء الفحص حين يتم التاكد من أن جميع التصليحات قد تمت بكل الملاحظات والتصليحات التي تتم باللحام على القاع أو الجدران أو السقف يجب أن يعاد فحصها ، وفحص اللحام يجب أن يتم حسب النظم القياسية المستخدمة والغرض من أعادة الفحص هو التاكد من أن التصليحات قد تمت بصورة جيدة ومقبولة وقد يستدعى الفحص بالجزيئات الممغنطة أو السوائل النافذة أو الفحص الشعاعي وغير ذلك • وعند أزالة جزء من الالواح فان التصليحات يجب أن تتم بعد عمل أركان دائرية للفتحة وهذه الطريقة تستخدم سواء وضعت القطعة الجديدة كجزء داخلي من الجدار أو وضعت فوق الواح قديمة والرسومات التالية توضح طرق وضع قاع جديد للخزان أو وضع بطانة سمنتية للخزان • أما مناطق الحفر العميقة فيتم أصلاحها بملئها باللحام أو بثقب الحفرة العميقة وعمل سن داخلي وغلقه بواسطة برغي •



NEW BOTTOM PLATE INSTALLED OVER LAYER OF SAND
(SEE API RP 12H)



NEW BOTTOM PLATE ATTACHED TO SHELL WITH A SKIRT
(INSIDE TANK WELDING)



LINING OF BOTTOM WITH REINFORCED CONCRETE

Thicknesses shown are suggested only. Height on shell will depend on shell corrosion, but should be approximately 2 ft min...

' —Methods of Repairing Tank Bottoms.

شــكل رقــم (٢٦٥-١)

طرق فحص الخزانات عند الانشاء

أعداد السيد ــ علي جاسم كاظم

قواعــد عامـــة

١ ــ عدم السماح لاي عامل لحام Welder بالعمل مالم يحصل علـــى شـــهادة تثبـــت أجتيازه الاختبار المخصص والذي يجب أن يتم باشراف مسؤولي الفحص الهندسي •

٢ ــ لايتم اللحام عندما يكون سطح المعـــدن المطلوب لحامه رطب أو أذا كان الجو ممطر أو فيه ريح مالم يستعمل حاجز ملائم • لاتتم عملية اللحام أذا كانت درجة حرارة المعدن أقل(ــ١٧٫٨°م) وأذا كانت درجـــة الحرارة بين (ــ١٧٫٨°م ــ صفر مئوي) أو السمك أكبر من ١٫٢٥٠ أنج يجب تسخين المعـــدن لدرجـــة الحرارة الاعتياديـــة •

٣ ــ تنظيف كل طبقة من اللحام من الأوساخ قبل البدء بلحام الطبقة الأخـــرى •

٤ ــ أذا كانت صفيحة التقوية Reinforcement بالنسبة لفتحات دخول وخروج المـــادة ودخول الاشخاص لم تصنع بجزء واحـــد فيجب أن تزود بثقب قطره ربع أنج لغرض الفحص بواسطة الهواء تحت ضغط قـــدره (٥) باوند لكل أنج مربع • وعند الفحـــص يجب أحاطة اللحام بواسطة الماء والصابون لمعرفة العيوب الموجودة •

٥ ــ عند أزالة المناطق المستعملة لاغراض تثبيت الصفائح Tack welds يجب رفعهـــا بالكوسرة وأذا حدث أن ترك أثر عميـــق فيجب ملاه باللحام ومن ثم ينظف بواسطة الكوســـرة •

كيفية تشيد صفائح القاعـــدة

١ ــ توضع الصفائح وترتب على الاساســـس foundation بعد الترفيت أو أية طريقة تغليف خاصـــة •

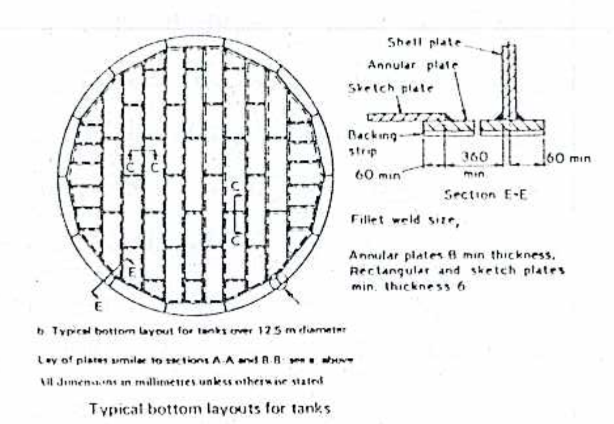
٢ ــ توضع الواحدة فوق الاخرى over lap ويجب أن لايكون over lap أقل من خمسة أمثال سمك أخف صفيحة ولايزيد عن أنج واحد بالنسبة الى Single lap unit و(٢) انج بالنسبة الى Double lap joint

٣ ــ أنج واحد على الاقل من صفائح القاعـــدة الخارجية يجب أن يكون خارج منطقـــة اتصال القاعدة مع الجدار •

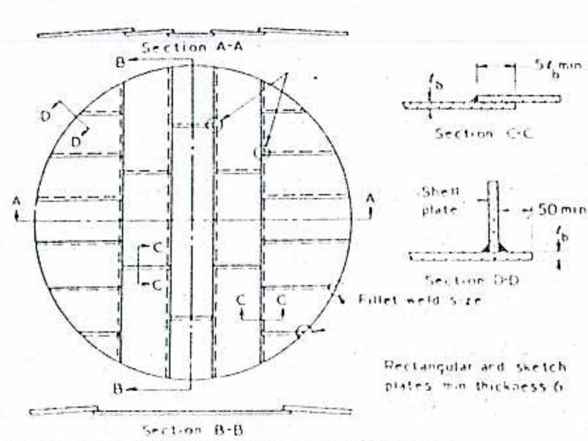
٤ ــ تضغط زوايا الصفائح على أن تنطبق تماما •

٥ ــ أذا كان قطر الخزان يساوي أو أقل مـــن (١٢٫٥) متر فيجب أن تبنى القاعدة مـــن صفائح مستطيلة الشكل وصفائـــح ذات أشكال مختلفة Sketch plates ومـــن الممكن أستعمال annular plates حسب الطلب • وسمك هذه الصفائح يجب أن لايقل عـــن (٦) ملـــم •

٦ ــ الخزانات التي أقطارها تزيـــد عـــن ١٢٫٥م



شـــكل رقـــــم ٢٦٦



شـــكل رقـــم ٢٦٧

يجب أن تبنى قاعدتها من صفائح مســـــتطيلة و Sketch plates و Annular plates ويكون اقل سمك للصفائح الاخيرة كما يلي —

٨ ملم عندما يكون سمك الحلقة الاولى للجدار ١٩ ملـم أو أقـل.

١٠ ملم عندما يكون سمك الحلقة الاولى للجدار اكثر من ١٩ ملم واقل من ٣٢ ملم.

١١ — ملم عندما يكون سمك الحلقة الاولـى للجدار أكثر من ٣٢ ملم

أقل سمك لكل من الصفائح المستطيلة و Sketch plates ٦ ملـم.

٧ — أقل عرض للـ Annular plates هـو (٥٠) سم وتكون مواصفات معدنها مشابـه للحلقة الاولى من صفائح الجدار •

الاشكال رقم ٢٦٦ و٢٦٧ تبين ترتيب صفائح القاعدة • فالشـكل رقم ٢٦٦ يبين ترتيب صفائح الخزانات التي أقطارها تساوي أو أقل من ١٢٫٥م والشكل رقم ٢٦٧ يبين الخزانات التي أقطارها أكبر مـن ١٢٫٥م •

٨ — خطوات عملية اللحام تتم كمايلي —

أ — تنظيف حافات الصفائح من الأوساخ والمواد الغريبة العالقة بهـا •

ب — يجب أن تمسك صفائح القاعدة بقـــوة وبواسطة ثقل مثل الواح خشبية وتشـكل بواسطة اللحام على أن يكون طول التشكيل أنج واحد والمسافة بين كل تشكيلين قـدم واحد ومن غير الضروري أزالة التشـــكيل خصوصا للقاعدة والسقف عند الاســتمرار

بعمليـة اللحـام .

جـ ـ البدء بلحام الوصلات القصيرة short seam على أن تترك ٦ أنجات من كل نهاية.

د ـ بعد أن تكمل لحام المناطق القصيرة نبـدأ بلحام المناطق الطويلة ويجب أن تتم هـذه العملية بلحام منطقة وترك المنطقة المجاورة لها مع ترك (٦) أنجات من كل حافة ، حتـى تبقى هذه المناطق مفتوحة الى أن تكمل لحام الحلقة الأولى مع القاعدة بعد ذلك نكمـل لحام المناطـق المفتوحـة .

هـ ـ بعد أكمال عملية لحام القاعدة يجـب أن تفحص بواسطة الطريقة التالية ـ

الضغط الفراغي vacuum Box علـى أن يكون أقل ضغط مسموح به هو ٢ باوند /أنج² واكثر ضغط هو ٥ باوند /أنج² على أن يوضـع الصابون المذاب في الماء على طول منطقة اللحام المطلوب فحصها وعند مشاهدة فقاعات تدل على وجـود عيب في اللحام تؤشـر ويرفـع اللحـام وتنظف المنطقة ويعاد لحامها وتفحص مرة أخرى لغرض التاكد من عدم وجود العيب .

و ـ أذا شوهدت فقاعات هوائية أو ثقـوب صغيرة pin holes في لحام القاعدة فمن الممكن تصليحه باستعمال لحام أضافي فوق اللحام الاولى . وأذا شوهد وجود فطـور cracks أو أي عيب كبير فيتـم تصليحه برفع اللحام واعادة لحامه .

الجـدار

١ ـ بعد أكمال تركيب ولحام صفائح القاعـدة نعين عدة نقاط على المناطق الخارجية مـن القاعدة ونوصلها مع بعضها وهي تمثـل المحيط الحقيقي للخزان ويتم ذلك بواسـطة Center punch حتى نستطيع تثبيت صفائح الحلقة الاولى مـن الجدار .

٢ ـ خلال تركيب صفائح الحلقة الاولى مـن الجدار والتي تثبت بواسطة نوع مـن المساند الخاصة Clips يقوم الفاحص الهندسي بفحص الفتحـة Gap واسـتقامة وصلة اللحام العمودي كذلك يفحص تقوس الصفائح ومناطق اللحام العمودي بواسطة wooden curvature gauge كما في الشكل رقم (٢٦٨):

شكل رقم ـ٢٦٨ـ

٣ ــ بعد الانتهاء من أكمال الوصلات العمودية من الحلقة الاولى يقاس تقوس الصفائح وشاقولية الحلقة على أن تكون صحيحة قبل البدء بلحام منطقة التقاء الجدار مع القاعدة • ويعاد التاكد من تقوس الصفائح مرة أخرى في منطقة اللحام العمودي وبواسطة

Wooden curvature gauge

على أن يكون المقياس محفور Notch لتجنب الزيادة الموجودة في منطقة اللحام عن صفائح الجدار • كما في الشكل رقم (٢٦٩) •

٤ ــ تكرر كل الفحوصات التي نفذت على الحلقة الاولى على بقية الحلقات الاخرى مثل التقوس والشاقولية •

٥ ــ الانحراف Misalignent للوصولات العمودية للجدار يجب أن لايزيد عن (١٠٪) من سمك الصفيحة أو ١/١٦ أنج •

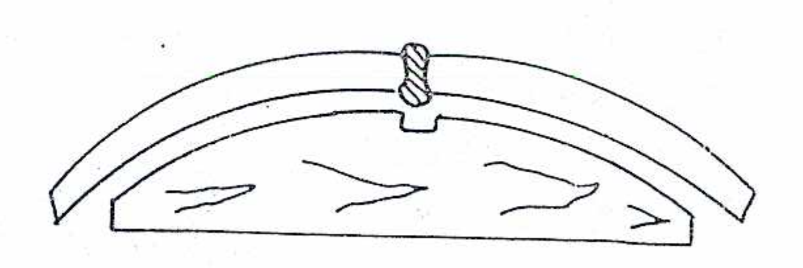
٦ ــ عند أكمال الوصولات الافقية فبروز الصفيحة العليا عن صفيحة الحلقة التي تقع تحتها يجب أن لايزيد عن ٢٠٪ من سمك الصفيحة العليا خلال ٦ أنجات • ويكون البروز مسموح عندما يكون١/١٦ أنج للصفيحة العليا ذات السمك الاقل من ٥/١٦ أنج فما دون •

٧ ــ جدار الخزان يجب أن يكون ذو شاقولية مضبوطة • وهذه صعبة الانجاز وسنورد فيما يلي المسافة المسموح بهاخارج الشاقولل حسب النظام البريطاني ••

قطر الخزان ≧ ١٢٫٥م ١ أنج في ٤٠٠ أنج

قطر الخزان > ١٢٫٥م ≧ ٣٠م ١ أنج في ٣٥٠ أنج

قطر الخزان > ٣٠م ≧ ٤٥م ١ أنج في ٣٠٠ أنج



شكل رقم (٢٦٩)

قطر الخزان > ٤٥م ١ أنج في ٢٥٠ أنج

صفائح الجدار المتجاورة عند الوصلات الافقية يجب أن يكون لها خط مركزي عمودي Vertical

وخلال كل ثلاث حلقات متجاورة ، الوصلات العمودية يجب أن لاتقع في خط مستقيم ويجب أن تنحرف الواحدة عن الاخرى بمسافة لاتقل عن خمسة أمثال اسمك صفيحة •

٨ ــ بعد أن تتم عملية لحام الحلقة الاولى من الجدار يقاس نصف قطر الخزان من مركزه والى أية نقطة موجودة على الجدار من الداخل • والزيادة والنقصان في نصف القطر المسموح بها هي كما يلي ــ

قطر الخزان ≤ ١٢٫٥م ± ١٣ملم

قطر الخزان > ١٢٫٥م ≤ ٤٥م ± ١٩ملم

قطر الخزان > ٤٥م ± ٢٥ملم

٩ ــ الانبعاج الموضعي للجدار أفقيا وعموديا يجب أن لايزيد عما يلي عند قياسه بمقياس طوله ٢٫٥م • يوضع المقياس على بعد معين من خط اللحام •

سمك الصفيحة ≤ ١٢٫٥ملم ١٦ ملم

سمك الصفيحة > ١٢٫٥ملم ≤ ٢٥ملم ١٣ملم

سمك الصفيحة > ٢٥ملم ١٠ملم

عند التقاء الوصلات الافقية والعمودية للجدار يجب أن لاتنحرف اكثر مما يلي عند استعمال مقياس طوله متر واحد

سمك الصفيحة ≤ ١٢٫٥ملم ١٠ملم

سمك الصفيحة > ١٢٫٥ ≤ ٢٥ملم ٨ملم

سمك الصفيحة > ٢٥ملم ٦ملم

١٠ ــ أذا حصل في خطوط لحام الجدار تشويه ملموس الى الداخل أو الخارج فهذا التشويه ممكن معالجته وذلك برفع اللحام في المنطقة واعادة لحامها بعد أخذها الوضع الصحيح •

١١ ــ الوصلة العمودية يجب أن تلحم من الخارج والداخل بنفوذ وانصهار تام • الوصلات الافقية يجب أن تلحم من الخارج والداخل أيضا بنفوذ وانصهار تام وخصوصا لمسافة ثلاث أنجات على طرفي منطقة التقاء اللحام العمودي والافقي •

١٢ ــ كل تشكيلات لحام الجدار يجب أن تزال عند الاستمرار بعملية اللحام •

أ ــ فحص الجدار بواسطة X-Ray

١ ــ اللحام العمودي

في العشرة أقدام الاولى تؤخذ لقطة واحدة لنفس السمك المعمول من قبل لحام وبعد ذلك تؤخذ لقطة أضافية لكل ١٠٠ قدم بدون التقيد بعدد اللحامين وعلى الاقل ٢٥٪ من المناطق التي تؤخذ لها X-Ray يجب أن تكون في منطقة التقاء junction اللحام العمودي مع الافقي •

٢ ــ اللحـــام الافقـــي

تؤخذ لقطة واحدة لكل عشرة اقدام الاولى للحام التام النفوذ والانصهار بدون التقيد بعدد اللحامين بعد ذلك تؤخذ لقطة أضافية واحدة لكل ٢٠٠ قـــدم تقريبا ولكل الجزء المتبقى من اللحام الافقي •

ب-طريقة القطع Sectioning method

يقطع نموذج دائري من وصلة اللحام بواســـطة الة قطع خاصة • ويجب أن لايقل قطر القطعة عن العرض النهائي للحام مضافا اليه ١/٨ أنج وعلىأن لايقـــل عـــن ٢/١ أنـــج •

يقطع النموذج من منتصف اللحام على أن يؤخذ ١/١٦ أنج من المعدن الاصلي لكل جانب يعامـــــل النموذج مع المواد الكيمياوية Etching

توضع في محلول مغلـــي (٥٠٪ مـــن حامضـــــن الهيدروكلوريك المخفف) لمدة نصف ساعة الى أن يصبح واضح المعالم • يفحص النموذج للتأكد من وجود عيوب في اللحام مثل أوساخ معدنية أو فقاعات غازية أو وجود فطور أو غير ذلك من العيوب •بعد ذلك تغلق جميع الفتحات بواسطة سداد plug دائري وقبل وضع السداد توضع صفيحة من الداخل على الثقب وتلحم وبعد ذلك يوضع السداد ويلحم وترفع الصفيحة من الداخل •

والقطع الماخوذة يجب أن تكون على الشكل التالي

١ ــ اللحام العمودي

تؤخذ قطعة واحدة للعشرة أقدام الاولى للحام الكامل ولنفس السمك ولنفس اللحام بعد ذلـــك تؤخذ قطعة أضافية لكل ١٠٠ قدم •

٢ ــ اللحـــام الافقـــي

تؤخذ قطعة واحدة لكل (١٠) أقدام لنفس السمك وبغض النظر عن عدد اللحامين بعد ذلك تؤخذ قطعة واحدة لكل ٢٠٠ قـــدم •

فحصـــ السـقف

الخـــزانات الثابتـــة

يفحص لحام سقف الخزانات الثابتة باحدى الطريقتين :ــ

١ ــ فعند فحص جدار الخزان بواسطة الماء مـــن الممكن أستعمال ضغط هواء داخلي قـــدره (٥ملي بار) الى الخزانات الخالية من الضغط (و٣ ملي بار) أكثر من الضغط التصـــميمي للخزانات الموجود فيها ضغط •

وباستعمال الصابون المذاب في الماء وبوضـــعه على طول منطقة اللحام نتمكن مـــن الكشـــف عن العيوب الموجودة في اللحام •

٢ ــ الطريقة الثانية باستعمال Vacuum Box

تعتمد هذه الطريقة على عمل تفريغ هوائـــي لداخل صندوق الفحص ويوضع صابون مذاب في الماء على طول اللحام ونستطيع الكشف عـــن العيوب نتيجة لحدوث فقاعات تدل علـــى وجـــودها •

الخزانات العائمة

تفحص أما بطريقة Vacuum Box كما في الخزانات الثابتة أو بواسطة الزيت النافذ Oil penetration مثل kerosene أو Gas oil يرش من الداخل ثم يترك لفترة من الزمن وبعد ذلك يفحص بدقة لغرض معرفة المنطقة الموجود فيها عيب بسبب قابلية هذه السوائل على النفوذ خلال العيوب الموجودة في اللحام .

الفحص النهائي

١ ـ الفحص المائي

تعين أربعة نقاط على محيط الخزان الذي يقل قطره عن ٢٥م وثمانية نقاط للخزان الذي يكون قطره أكبر من (٢٥)م تسجل قراءة مستوى كل نقطة قبل البدء بعملية ضخ الماء الى الخزان . وتكون عملية الملىء كما يلي :ـ

اذا كانت التربة جيدة يملاء نصف الخزان بالماء ويؤخذ المستوى ويقارن مع القراءات التي أخذت أولا قبل ملىء الخزان للتاكد من عدم حدوث اختلاف في المستوى ويملأ الخزان الى ٢/١ حجمه وتؤخذ قراءات المستوى أيضا ويجب أن يبقى الخزان ذو مستوى واحد مع نزول طفيف بسبب الثقل الناتج عن الماء بعد ذلك يملاء الخزان بالماء ويترك لمدة ٤٨ ساعة وتؤخذ القراءات النهائية .

أما في التربة الضعيفة عندما يكون مقدار نزول التربة ٣٠سم ، يجب أن يكون الملىء ببطء . يضاف الماء للخزان بمعدل (٦ر٠م) لليوم الواحد الى حدود ثلاث أمتار ويتوقف الملىء وتسجل قراءات المستوى يوميا . وعندما يبدأ الاستقرار بالتناقص يضاف الماء الى الخزان وتسجل القراءاتيوميا الى أن يملاء الخزان كاملا .

وخلال عملية الملي يجب أن يلاحظ لحام الخزان وخصوصا لحام الجدار من عدم وجود أي نضوح فيه .

٢ ـ عند عدم وجود الماء . يفحص الخزان بأحدى الطرق التالية :ـ

أ ـ ترش جميع مناطق اللحام من الداخل بواسطة زيت شديد النفوذية وعندئذ يفحص من الخارج بصورة دقيقة للكشف عن العيوب الموجودة

ب ـ أستعمال ضغط هوائي داخلي على أن لايزيد عن الضغط التصميمي للخزان . أو أستعمال الضغط الفراغي من الخارج كطريقة فحص القاعدة والسقف .

ثامنا :ـــ كيفية فحص الرافعات

اعداد المهندس /

زهير ميـــرزا

مقدمـــــــة

تصمم وتستعمل الرافعات لغرض نصـــب المعدات والاجهزة الثقيلة في المشـــاريع الصناعية الضخمة وكذلك في نقل هذه المواد من اماكنها الـى أماكن اخرى اعلى او أوطأ من مكانها الاصلي وحسب الحاجة وكذلك في تفريغ بواخر وعربات الشـحن وغيرها من الاعمال الكثيرة المتعددة والمتنوعة ٠

اضافة الى ماجاء اعلاه فيمكن اســـتعمال الرافعات في حفر الخنادق والقنوات ودق الركائز بعد ابدال بعض أجزاءها واضافة اجزاء اخرى ٠

ان النظرية الفيزياوية حول العتلات والعـــزوم والحبال والبكرات هي المطبقة في الرافعات بصورة صحيحة وواضحة وقد استفاد مصمموا الرافعـــات من هذه النظرية وطبقوها للحصول على افضـــل النتائج واحسنها لبذل اقل جهد ممكن في رفع اعلى وزن مطلـــوب ٠

تنقسم الرافعات الى انواع عديدة وتصـــنف حسب حمولتها وطريقة حركتها ومجالات استعمالاتها فمنهـــا :ـــ

أ ـــ الرافعات المحمولة على سلاسل (زنجيل) ٠
Crawler cranes

ب ـــ الرافعات المحمولة على اطارات
Mobile cranes

جـ ـــ الرافعات الكهربائية المعلقة
overhead electrical travelling cranes

د ـــ الرافعات الكهربائية المتحركـــة علـــى ســـكة electrical travelling cranes ٠

هـ ـــ الرافعات المحمولة على زوارق او بواخر ٠Marine cranes

و ـــ الرافعات المستعملة في الاعمـــال المدنية والبنـــاء Tower cranes٠

ز ـــ الرافعات المحمولة على ظهر السيارات
winch trucks

حـ ـــ الرافعات الثابتة chain blocks ٠

سنتعرض هنا الى أكثر الرافعات شيوعا في الاستعمال فقط وهي (أ) و (ب) وذلك بسبب حرية الحركة فيهما ٠ حيث انه من الممكن ان تدور كابينة الرافعات فيهما ٣٦٠ درجة وذراع الرفع الى مايقرب من الوضع العمودي وبذلك يمكننا من تغطية مساحة واسعة من العمل والاستعاضة عن الرافعات الاخرى بقدر الامكان ٠

كما أنه بامكان هذه الرافعات السير بالحمـــل المناسب مسافات لابأس بها في بعض الاحيان ومـــن مزاياها ايضا انها سريعة ومن الممكن نقلها من مكان الى اخر وبسرعة وخصوصا الرافعات المحمولة على اطارات حيث ان بامكانها ان تسير بسرعة ١٠٠ كيلو متر في الساعة او اكثر ٠

تتراوح حمولات هذين النوعين من الرافعات بين (٣) الى (٥٠٠) طن والى ارتفاعات مختلفـــة قد تصل الى ١٥٠ م مع استعمال الـــ Fly Jib

أما الانواع الاخرى من الرافعات التي ذكرت سابقا فاستعمالها محصور ومحدد يرتبط بظـروف العمل • عند وضع تصاميم وتشييد اية رافعـــة بصورة عامة فيجب أن تحسب على أساس أنهـــا تحت الظروف التشغيلية • أن الاجهادات الحاصلة في الرافعات من جراء التحميل يجب ان لاتزيد بأي حال من الاحوال على :ــ

أ ــ اقل قوة كسر المعدن

breaking strength of the material

مقسمة على معامل الامان Safety factor

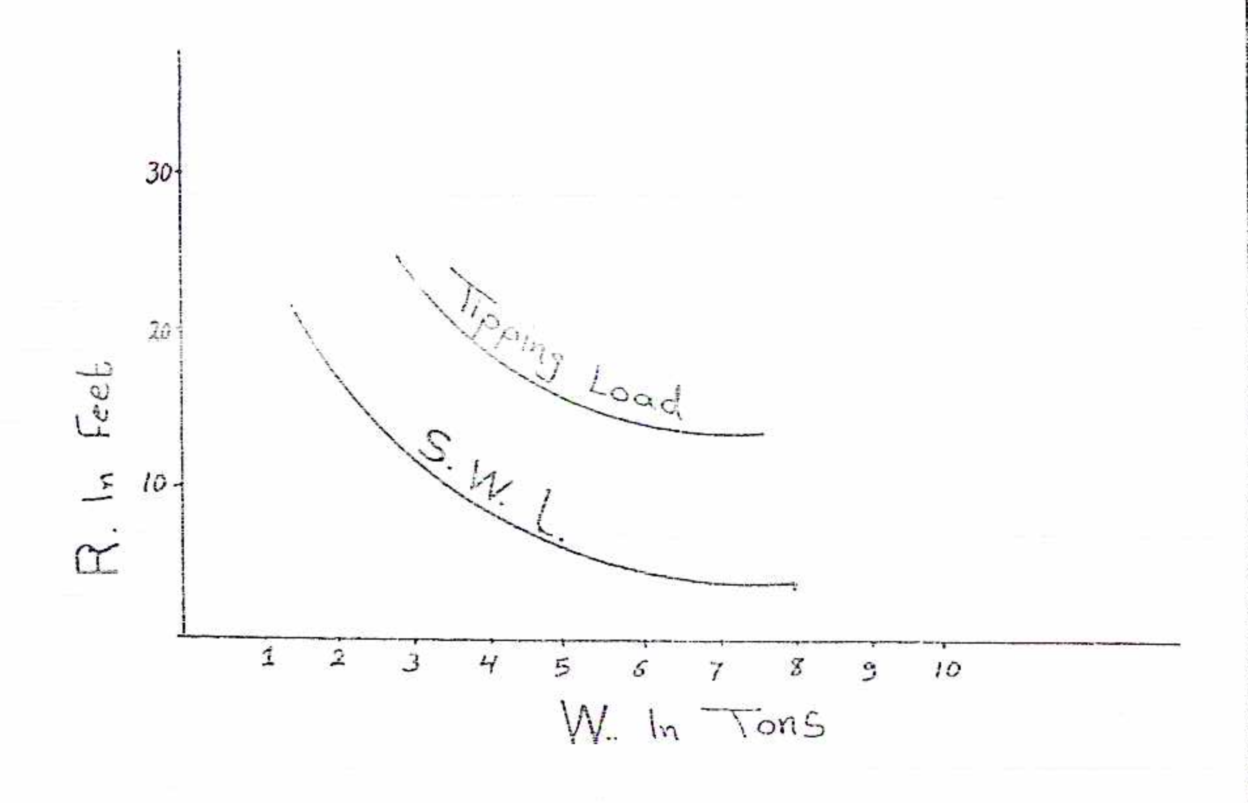
ب ــ يجب ان لايقل معامل الامان عن ٣/١ :

والناتج عن تقسيم Ultimate Tensile Strength (U.T.S.) على الجهد الناتج من التحميل •

عندما يزداد الحمل يجب أن يقل نصف قطـر التحميل والعكس صحيح •

ا ن الحمـــل المرفـوع بامـان يســـمى Safe working Load ويرمـز لـه S.W.L. ويجب أن لايزيد هذا الحمل عن ٦ر٦٦٪ من حمـل الانقـــلاب Tipping Load

والمخطط البياني يوضح العلاقة هذه :ــ



شكل رقم ــ٢٧٠ــ

وبالنظر لما تحتله الرافعة من موقع مهم وخطار في عمليات النصب والتشيد وحفاظا عليها وعلـــى المواد المرفوعة وللمحافظة على سلامة العاملـــين بمعيتها في ساحة العمل فقد استقر الرأي على ان يتم فحص هذه الرافعات من قبل شخص ذو خبرة واسعة في هذا الحقل ومخول لاصـــدار شهادات فحص تؤيد صلاحيتها للعمل بهـــا من قبل شـ كات التأمين للتعويض عن الحوادثلضمان أموال المنتفعين في عملية الرفع والنقل والنصب وغيرها سواء كانت شركات أو اشخاص •

تصدر شهادة بصلاحية الرافعـــة للاشـــتغال بعد أن يتم أجراء فحص الحمل Load test من قبل الفاحص • ندرج أدناه الفقرات التي تفحص دوريا (سنويا) في الرافعة : —

١ — حلقة الرفع	Hook
٢ — حبال الرفع الفولاذية :—	
أ — حبل رفع الثقل	Lif ting wire
ب — حبل رفع ذراع الرفع	Hoisting wire
٣ — ذراع الرفع	Jib
٤ — البكـــرات	pulleys
٥ — المسامير	Pins
٦ — الفاصـــل	Clutch
٧ — الموقـــف	Brake
٨ — الاطـــارات	Tyres
٩ — مؤشر زاوية الرفع	Angle-pointer

١ — حلقة الرفـــع :—

تصنع حلقة الرفع عادة من الحديد المطـــاوع Mild steel او forged steel وبـــدون اجراء اية اعمال لحام عليه مطلقا •

هناك نوعان للمقطع من حلقات الرفع هي :

Tropozoidal section & circular section

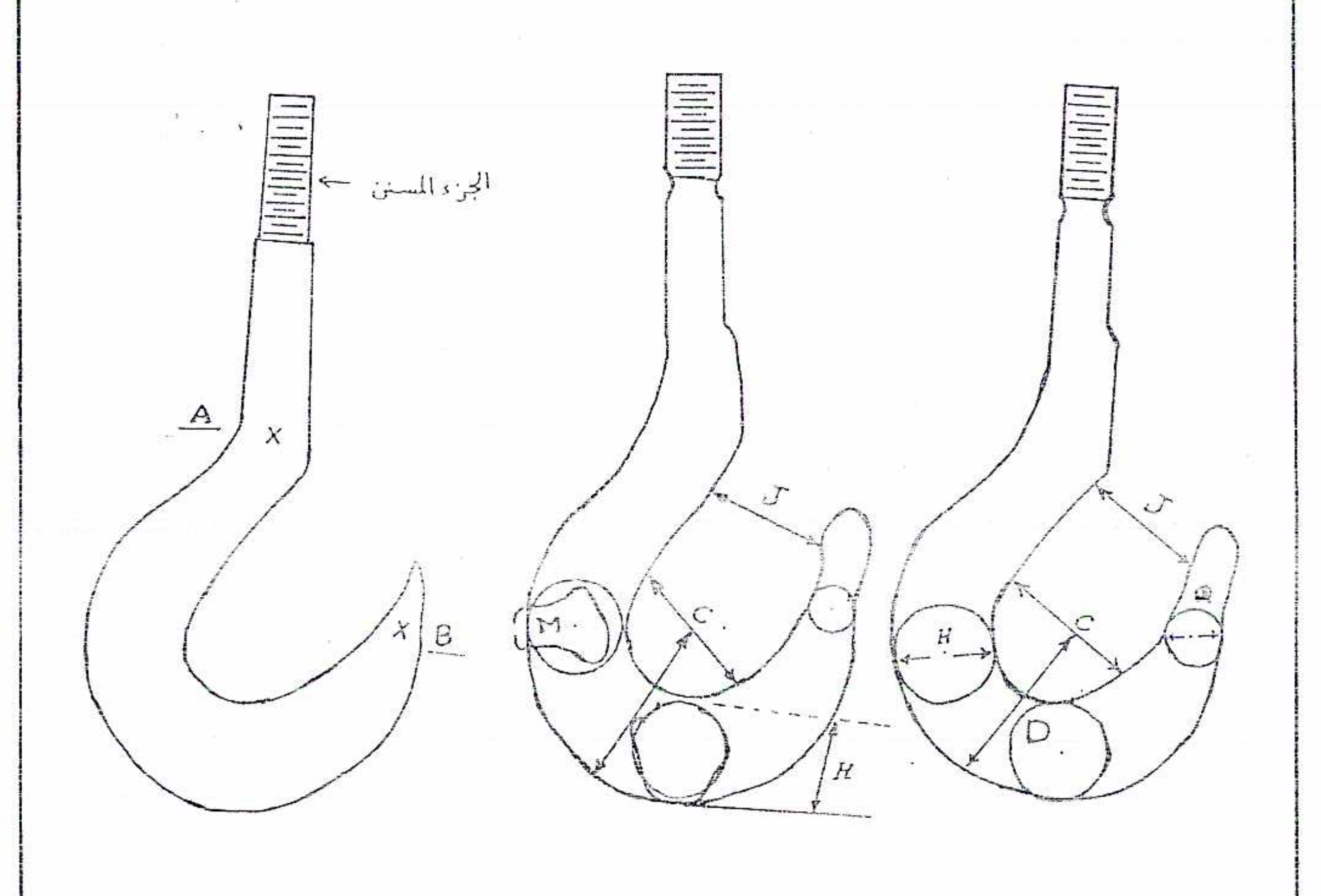
ان اعلى حد مسموح به للرفع عند استعمال النوع الاول من الحلقات وبامان هو (٥٠) طـــن ولكـــن تستعمل عادة في رفع اعلى حمل قدره (٤٠) طـــن •

ان حلقات الرفع تقسم الى أنواع وحســـب التصميم وهي :—

1— Shank hook, Tropozoidal Section.
2— Shank hook, Circular Section.
3— Eye hook, Tropozoidal Sectino.
4— Eye hook, Circular Section.
5— Eye hook, Tropozoidal Section for use with wire rope Thimbles.

ان جهد الشد للمعدن Tensile Strength المستعمل في حلقات الرفع يتراوح بين ٢٨—٣٣ طن/ انج مربع ، ان الجزء المسنن من حلقة الرفع يجب ان لايقل عن ٦٥و٠$\sqrt{و}$عندما يكـــون (و) هـــو الحمل المرفوع بامان بواسطة هذه الحلقة محسوبا بالطن • لغرض تصميم اسنان البرغي يجب الرجوع الـــى المواصفات البريطانية المرقمـــة B.S. 1580 او B.S. 84 يجب ان تصنع اسنان البرغي بحيث تكـــون خالية من جميع العيوب والسوفان • لغرض التأكد من سلامة تصنيع حلقة الرفع هذه يجب فحصـــها

بواسطة رفع ثقل قدره مرتين لما هو مقـــرر ان تشـــتغل بـــه أي أنـــه آذا كانـــت الحلقـــة مصممة لرفع خمسة اطنان مثـــلا فـــان الفحص proof test لها يجب ان يكون (١٠) طـــن وهكذا على ان لايزيد معدل الاستطالة او الفتـــح permanent set بعد ازالة القوة المسـلطة على الحلقة عن ٢٥ر٠٪ من الفتحة الاصلية المؤشرة بـــ (AB) في الشكل أدناه : ــ



شكل رقم ــ٢٧١ــ

ان حلقات الرفع التي ترفع الى حد (٥٠) طن يجب أن يكون الاجهاد المسلط عليها ٣ طن / أنــج مربع ، وان قطر البرغي (الجزء المسنن) يجب أن لايقل عن ٠٫٦٥ $\sqrt{و}$ من الوزن المرفــوع بامان كما جاء سابقا .

امــا بالنســبة للحلقات المصممة لرفــع من (٥٠ــ٧٥) طن فيجب ان يكون الاجهاد المسلط عليها لايزيد عن $\frac{و}{٢٥} + ١$ طن / أنج مربع ولكن اذا زاد الثقل المرفوع عن ٧٥ طن فيوصى باستعمال معدن اجهاده Stress لايقل عن ٤ طن / انج مربع .

بالنسبة للحلقات التي ترفع مــن (٥٠ــ١٠٠) طن فان الفحص proof test يجب ان يكــون الحمل المرفوع بامان + ٥٠ أي (S.W.L. +50)

وبالنسبة للحلقات التي ترفع اكثر من ١٠٠ طن فان الحلقة تصمم على اساس الحمل المرفوع بامان + ١½ الحمل المرفوع بامان.

ان الانواع الخمسة من حلقات الرفع Hook التي ذكرت سابقا تصمم بحيث تعطي جهدا متساويا Equal Stress للمقطــع الرئيســـي principal section تحـــت مختلف الاوزان التشغيلية working load في كل أنـــواع حلقات الرفع ، ان القطر الداخلي C والحمـــل الامين S.W.L. متعلقان بالمعادلة التالية :ــ

$$C = K\sqrt{W}$$

وعندما يكون K مقدار ثابت . ان قيمة K اعلاه تكون ١٫٥ عندما يكون مقطع حلقة الرفع من نـــوع Shank hook ســـواء كـــان Tropozoidal or circular وتكــون نفس المقدار ايضا عندما تكون حلقة الرفع مــن نــوع eye hook وبالنسبة للـــ circular section فقط اما في حالة كون حلقة الرفع مــن نـــوع eye hook ومن مقطع Tropozoidal فان K تكون ١٫٨٤ .

٣ ــ حبال الرفع الفولاذية Steel Wire rope

١ ــ يجب ان تكون لحبال الرفع الفولاذيـــة القابلية الكافية لرفع الثقل المراد رفعه بها وبحدود معامل امان مقداره (٥) الى (١) للمــواد والمعدات و(١٠) الى (١) للاشخاص . ان الحبال المستعملة في الرافعات المتحركة بصورة عامة يجب ان تشتمل على معامل الامان المذكورة في الفقرات التالية :ــ

أ ــ بالنسبة للحبال المتحركة : ــ

٣ــ١ عند نصب الذراع

٣٫٥ــ١ في ظروف التشغيل

ــ أما بالنسبة للحبال المعلقة أو الثابته

٣ــ١ في ظروف التشغيل

٢٫٥ــ١ عند نصب الذراع

ب ــ يجـــب ان تكون للحبال القابلية على الالتواء والحني وبدون حدوث اية تغييرات فـــي مظهرها الخارجي التي قد تـــؤدي الـــى كلل الحبل Fatigue .

جـ ــ يجب ان تكـــون الحبال مقاومه عالية للاحتكـــاك .

د ــ يجب أن تكون للحبال قابلية مقاومـــة التشوه والسحق

هـ ــ يجب ان تكون للحبال قابليـــة مقاومـــة التآكل

و ــ يجب أن تكون للحبال قابلية مقاومـــــة الالتفاف rotation .

ان حبال الرفع يجب ان تفحص باستمرار وقبل بدء العمل من قبل الـــ Riggers تحسبا مـــن حدوث اي قطع في الظفيرة Strand ممـــا يسبب في كثير من الاحيان انقطاعه كليا عند رفـــع الحمل ومن ثم الحاق الضرر بالرافعة او الحمل وحتى في الاشخاص .

كيفية حساب معامل الامان بالنسبة لحبال الرفـــع

$$\text{معامل الامان للحبل} = \frac{\text{مقاومة القطع للحبل}}{\text{اقصى حمل تشغيلي مأمون}}$$

ان معامل الامان للمعدات = ٥

ان معامل الامان للاشخاص = ١٠ وكما ذكرنا سـابقا .

من المعادلة اعلاه :ــ

$$\text{اقصى حمل تشغيلي مأمون} = \frac{\text{مقاومة القطع للحبل}}{\text{معامل الامان للحبل}}$$

او

$$S.W.L. = \frac{\text{Catalogue breaking Strength of the rope}}{\text{Factor of Safety}}$$

مثال :ــ اذا كان مقاومة القطع للحبل تساوي (١٠) طن فما هو اقصى حمل تشغيلي مأمون ؟

الحـــل :ــ

$$S.W.L. = \frac{\text{Catalogue breaking Strength}}{\text{Factor of Safety}}$$

= ١٠/٥ = ٢ طن

اي ان اقصى حمل مامون يمكن رفعه بحبـــل مقاومته للقطع ١٠ طن هو ٢ طن وكذلك يمكن ايجاد اقصى حمل مأمون S.W.L. للحبل مـــن المعادلة الاتية :ــ

S.W.L. = قطر الحبل × قطر الحبل × ٨

مثال (١) = ١/٢ انج قطر الحبل

١/٢ × ١/٢ × ٨ = ٢ طن

مثال (٢) = ٥/٨ انج قطر الحبل

٥/٨ × ٥/٨ × ٨ = ٣,١٢٥ طن

اقصى حمل مأمون يمكن رفعه بحبل قطـــره ٥/٨ انج هو ٣,١٢٥ طن وهكذا .

٣ ــ ذراع الرفع

بطبيعة الحال ان ذراع الرفع في الرافعة يطلق عليه JIB يعتبر من اهم الفقرات في الرافعة وعلى ذلك وجب ان يكون الذراع صالحا وخاليا مـــن الانحناء او اية طعجات dents في اطـــاره الخارجي الاصلي main frame وكذلـــك اذرع التقوية Lacings ويجب ملاحظـــة بدقة اماكن ونقاط التوصيل الملحومة وخلو هـــذه النقاط من اي تشقق او فطر او فقاعات هوائيـــة وكما انه لايجوز مطلقا وبأي حال من الاحوال اجراء

اية أعمال لحام عليه سواء كانت لاغراض التصليح او الصيانة او غيرها الا بعد الرجوع الى الشـــركة الصانعة للرافعة .

هناك ثلاث انواع من الاطار الاصلي main frame بالنسبة لمقطع الذراع وهي :-

أ ـ الاطار ذو المقطع الانبوبي

ب ـ الاطار ذو المقطع المربع المجوف

جـ ـ الاطار ذو مقطع الزاوية (حديد الزاوية)

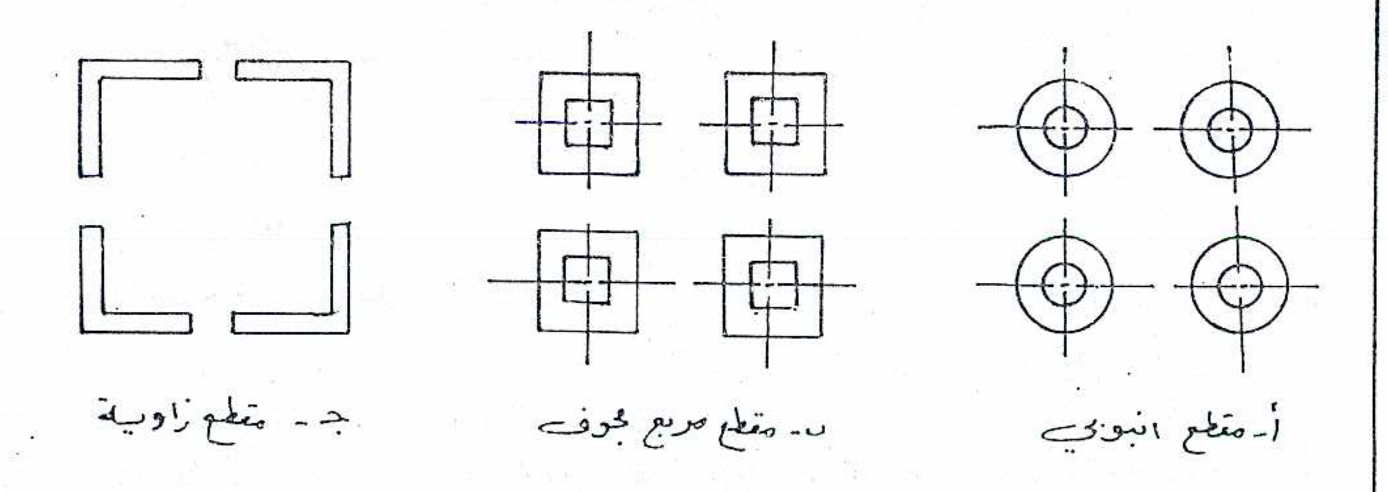
وبطبيعة الحال ان الفولاذ المستعمل في هذه الاطارات هو من النوع الجيد وذو المواصـــفات الفنية العالية .

أذا أريد رفع حمل ثقيل يجـب أن يكـــون طول ذراع الرفع قصيرا والعكس صحيح .

يوصي دائما باستعمال اقصر ذراع ممكـــن ومناسب لرفع الثقل حيث قانون العتلات صـــريح بذلك .

ان العاملين على الرافعات يعلمون أنه من الممكن اطالة او تقصير طول ذراع الرفع وحسب الحاجـــة ويتم ذلك باضافة او رفع قطع وسطية تســـــمى Insert pieces لتعطينا الطول المطلـــوب وترتبط هذه القطع الوسطية مع بعضها بواســطة مسامير تثبيت تسمى pins .

وهذا النوع من الاذرع هو النوع التقليـــدي الشائع الاستعمال في الوقت الحاضر الا انه ظهـــر في السنوات الاخيرة نوع جديد يســـمى الذراع التلسكوبي Telescopic jib يعمل هايدروليكيا بواسطة عتلات مثبتة في كابينة الرافعة يمكـــن



شكل رقم ـ٢٧٢ـ

بواسطتها اطالة او تقصير ذراع الرفع بتداخله مع بعضه • ينتج عن هذه الحالة الاستغناء عن العنصر البشري للقيام بهذا العمل وكذلك التوفير الكبير جدا في الوقت حيث ان هذه العملية لاتستغرق سوى لحظات بينما في النوع التقليدي الاول تستغرق هذه العملية ساعات طويلة •

٤ ــ البكرات Pulleys

يجب ان تفحص البكرات جيدا وبعناية حيث ان حبل الرفع ينزلق عليها عندما تدور pulley فعليه يجب أن تكون خالية من وجود اخاديد او مجاري Grooves او تشقق cracks في جسم البكرة حيث ان ذلك يسبب كسرها • ان ظهور الاخاديدفيالبكرةينتج من جراء استعمال الحبل بصورة خاطئة حيث انه اذا كان الحبل ذو قطر كبير او صغير بالنسبة لفتحة البكرة فانه من جراء الاستعمال واحتكاك الحبل مع سطح البكرة الخارجي سيغير من شكلها ويؤدي الى سوفان في شكل مقطع الحبل •

٥ ــ المسامير Pins

يوصي باستعمال المسامير الفولاذية ذات المقاومة العالية لجهد القص Shear في توصيلات ذراع الرفع الوسطية Insertrepiece وكذلك في جميع المفاصل الاخرى مع ملاحظة اي تغيير في شكلها الخارجي كان تصبح بيضوية من جراء الدوران او الاحتكاك وتبديلها فورا • اما في توصيلات ذراع الرفع الوسطية فيجب الابتعاد قدر الامكان عن الطرق ومحاولة أدخالها في اماكنها بسهولة •

٦ ــ الفاصل Clutch

يجب ان تكون حركة الفاصل في الرافعة سواء كانت في العربة Carrier او الكابينة Cabin في حالة جيدة جدا ويجب ان يتم تبديل السرع بسهولة ونعومة مع مراعاة عدم حدوث اي اهتزاز او حركة مفاجئة مما قد يؤثر على حبل الرفع ومن ثم حركة الوزن المعلق واهتزازه او هبوطه وهذا ما لايسمح بحدوثه مطلقا •

٧ــ الموقف Brake

يجب أن يعمل الموقف بصورة جيدة سواء الموقف القدمي او الموقف اليدوي في العربة Carrier او في الكابينة Cabin حيث انه من الممكن جدا حدوث مشاكل لاتحمد عقباها في حالة حدوث حالة مفاجئة تستوعب استعمال الموقف كما أنه يجب تجنب الضغط المفاجيء خصوصا عند تحميل الرافعة بحمل والابتعاد عن هذه الحالة بقدر الامكان •

٨ ــ الاطارات Tyres

من الشروط الواجب توفرها في الرافعة لثبوت صلاحيتها للاستعمال هي ان الاطارات يجب ان تكون في حالة جيدة جدا وان تملأ بالهواء وبالضغط اللازم والمقرر لها وبموجب المواصفات الموضوعة من قبل الشركة الصانعة وبعكسه فان اية زيادة او نقصان

في ضغط الهواء في الاطارات قد يسبب انفجارها وانقلاب الرافعة في بعض الاحيان •

٩ — مؤشر زاوية الرفع

يثبت هذا المؤشر أما على ذراع الرفع jib أو في داخل كابينة الرفع لكي يتمكن سائق الرافعة من ملاحظته بوضوح وبسهولة ويجب أن يعمل هذا المؤشر بصورة صحيحة وجيدة حيث أنه في حالة عدم صلاحيته للاستعمال أو عند وجود خطأ فيه فانه من الممكن أن يعطينا نتائج غير صحيحة مما قد يسبب مشاكل عند رفع الحمل قد تلحق الضرر بالرافعة من جراء عدم معرفة الزاوية أو الوزن •

أن الفقرات التي ذكرت سابقا من ١—٩ يجب أن يتاكد منها الفاحص قبل اجراء فحص الحمل Load test وبصورة جيدة أضافة الى ذلك يجب أن يتاكد الفاحص أيضا من أن كافة الاضوية الموجودة في الرافعة والاشارات الضوئية الجانبية وماسحة الزجاج وغيرها كلها تعمل بصورة صحيحة •

كيفية أجراء فحص الحمل

يجب على الفاحص عند القيام بفحص الحمل Load test أختيار الارض المنبسطة المسطحة القوية والخالية من التعرجات أو التموجات وان تكون هناك مساحة واسعة وفضاء كافي يساعد على حرية حركة الذراع وبدون معوقات الى الامام أو الخلف والدوران بزاوية ٣٦٠ درجة •

أ — فحص الرافعات المحمولة على الاطارات

بطبيعة الحال أن هذا النوع من الرافعات هو الذي تستعمل فيه المساند الجانبية التي تسمى Out riggers وذلك عندما يراد رفع ثقل معين يتم الضغط على عتلة متصلة بشبكة هيدروليكية يدفع الهيدروليك هذه المساند الى الخارج أو تدفع هذه المساند يدويا بحيث تكون في موقعها الصحيح وترتكز عليها الرافعة ومن ثم تصبح أطارات الرافعة معلقة وبعيدة عن الارض ومن الافضل والمعمول به أن لاترفع الاطارات كثيرا عن الارض وان تكون قريبة منها بقدر الامكان على شرط أن لاتلامس سطح الارض وذلك لضمان عدم تعرض الرافعة الى الانقلاب عند حدوث طارىء ويلاحظ أيضا وضع الرافعة الافقي بصورة جيدة بواسطة قبان مائي Level gauge مثبت في الرافعة نفسها أو يجلب لهذا الغرض •

يجب الرجوع الى جدول الحمل المرفق مع كل رافعة قبل البدء باجراء فحص الحمل لمعرفة طاقة الرافعة للحمل وزاوية الرفع أو نصف قطر الرفع •

أن الجداول هذه عادة توضح هذه الامور فعلية يجب الرجوع اليها وتطبيقها قدر الامكان •

عند الامعان في هذه الجداول يلاحظ أن هناك ثلاث متغيرات هي —

١ — طول ذراع الرفع

٢ — نصف قطر الرفع

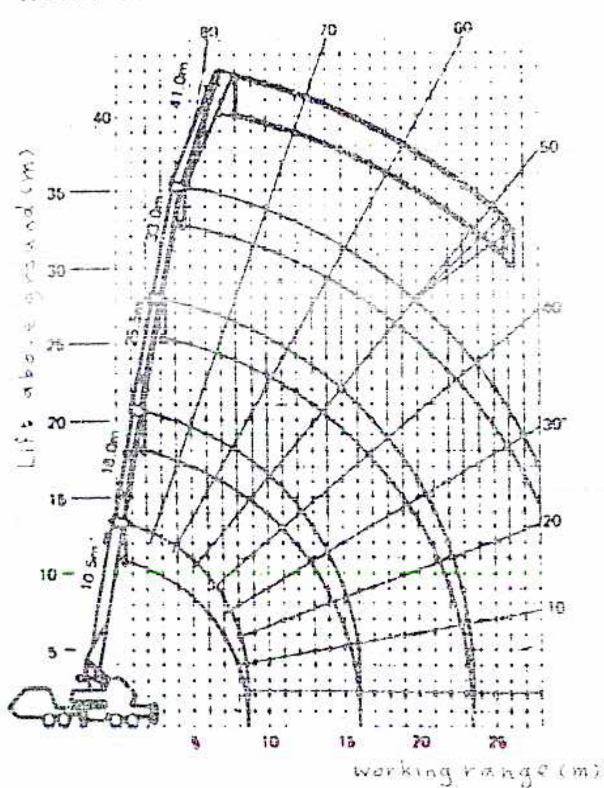
٣ ــ وزن الحمـــل

كما أن هذه الجداول مثبت فيها طاقة رفع الرافعة على الجانب on side وعلى الخلف on rear وهذه الطاقة تختلف فيما بينها في أغلب الاحيان •

لنفرض أننا نريد أختبار الرافعة وهي في وضع على الخلف on rear . وبطول ذراع رفع قدره ٥٠ قدم ، يلاحظ الحقل المثبت فيه هذا الرقــــم وبجانبه نصف قطر الرفع (أي المسافة بين مركــز دوران كابينه الرافعة ومركز الحمل) وليكن هذا ١٥ قدم مثلا وسنجد في حقل أخر أن الحمل المقــــرر بموجب هذا الجدول وهذه المسافات هو ٣ طن مثلا (الارقـــام التي ذكرت هي أرقام مفروضة) •

تهيأ الرافعة على هذا الاساس وكذلك الوزن المقرر وبموجب الجدول تقرب الرافعة من الحمل وتقاس المسافة بين مركز دوران كابينة الرفع ومركز الحمل المراد رفعه ولتكن هذه المسافة تقريبية بقدر الامكان بعدها يتم أخراج المساند الجانبية out riggers الى الخارج ومن الافضل وضع قطع خشبية علــى شكل حزمة تحت هذه المساند تلافيا لاحتمال نزول الارض من جراء الرفع • وعلى أن تاخذ الرافعــة وضعها الافقي الصحيح بملاحظة القبان المائي الذي ســبق الكــلام عنـــه •

WORKING RANGES



شـــكل رقـــم (٢٧٣)

The shown working ranges do not include jib and boom deffections.

وبعد التاكد مما جاء أعلاه تعطى الاشارة الــى سائق الرافعة لاجراء الفحص • على سائق الرافعة أن يباشر عمله ببطء وحذر شديدين وينتبه الـــى الارشادات التي تعطى له بصورة صحيحة ويبــدأ برفع الحمل تدريجيا عن الارض بمسافةقليلة ويطلب منه عدم تعريض الرافعة الى الاهتزاز • علـــى الفاحص أن يلاحظ وضع الاستقرار الكلي للرافعة وعدم أهتزازها وعدم أرتفاع المساند الجاذبية عن الارض مهما كانت الاسباب • أذا أمكن تطبيـــق الارقام المثبته في جدول الفحص فعليا على الرافعة فاننا نكون قد حصلنا على أعلى كفاءة للرافعة • الا أنه أذا لم تتمكن الرافعة من رفع الحمل المقـــرر وكما مبين في الجداول وحسب نصف قطر الرفـع وطول ذراع الرفع ففي هذه الحالة يجب تقليـــل نصف قطر الرفع وتعاد المحاولة ثانية الى أن نحصل على نتائج جديدة من نصف قطر الرفع وحالة توازن الرافعة وبذلك نقول أن الرافعة أمكنها رفع ثقـــل بكذا نصف قطر رفع وكذا طول ذراع رفع •

عند رفع الحمل بالابعاد المقررة من قبل الرافعة فان الحمل يترك معلقا في الهواء لمدة نصف ساعـة

RATED LOAD TABLE

Working radius (M)	Outriggers fully extended Boom length (M)				33.0m Boom + 8.0m jib	
	10.5	18.0	25.5	33.0	offset 7	offset 15
3.0	30.0t	20.0t				
4.0	22.5	20.0	14.0t			
5.0	18.0	17.3	14.0			
6.0	15.0	14.6	13.3	8.0t		
7.0	12.6	12.6	11.5	8.0		
8.0	11.0	11.0	10.0	8.0	3.0t	2.0t
9.0		9.5	8.8	7.7	2.8	2.0
10.0		7.7	7.8	6.9	2.6	2.0
12.0		5.5	5.5	5.5	2.2	1.8
14.0		4.2	4.2	4.2	2.0	1.6
16.0			3.2	3.2	1.9	1.5
18.0			2.5	2.5	1.6	1.4
20.0			2.0	2.0	1.2	0.9
22.0			1.5	1.5	0.7	0.5
24.0				1.0		
26.0				0.7		
27.0				0.5		

شــكل رقــم ٢٧٤

Note:

1. Figures in the table represent rated loads of crane, set on firm level ground with outriggers fully extended.
2. Values above bold line are based on structural strength of crane, and those below the line based on stability of crane.

التاكد من أن جميع أجهزة الرافعة تعمل بصـــورة جيدة بعدها يدور الحمل حول الرافعة بـ (٣٦٠°) لنفس الغرض ويتم ذلك بعد كل رفعة حمل وكذلك بالنسبة للرافعات المحمولة على أطارات أو زنجيل٠

بعد ذلك يتم أختيار أوزان أخرى ومسافات أخرى حسب الجدول المرفق مع كل رافعة والجدول أعلاه يبين المتغيرات الثلاثة لرافعة من نوع تادانو حمولة ١٥ طـــن ٠ Tadano (Japan)

وعند حصولنا على نتائج جيدة رنثبت ذلك فـي شهادة خاصة معدة لهذا الغرض بعد الانتهاء مـن فحص الرافعات بواسطة المسانـد الجانبيـة out riggers يتم فحص الرافعة مجـددا وبدون مساند جانبية وتسمى حالة without out riggers ولهذه الحالة جداول خاصـــة مشابهة لحالة الرفع بواسطة المساند وتعاد نفس الطريقة السابقة الا أنه يلاحظ أن طاقة الرافعـة للحمل تقل كثيرا عن الحالة الاولى حيث أنه في حالة without out riggers تكون الرافعة والحمل مستندة على الاطارات وبطبيعة الحال فان الاطارات لاتتحمل الاوزان الثقيلة فعلية تكون هذه الاوزان متناسبة مع ضغط الاطارات ، الحقيقـة يفضل أستعمال المساند الجانبية out rigger دائما ومهما كانت الاوزان للمحافظة على الرافعـة في وضع متزن ومستقر ٠

ب ـ فحص الرافعات المحمولة على زنجيل Crawler Cranes

يتم فحص الـ Load test بالنسبة لهـــذه الرافعة كما شرح سابقا في طريقة فحص الرافعات المحمولة على الاطارات ويجب الاستعانة أيضـا بجداول الحمل المرفقة مع الرافعة ، ويجب علـى الفاحص ملاحظة تماس سلسلة الزنجيل crawler مع الارض بصورة منطبقة وواضحة وبكل المساحـة السطحية للزنجيل كما أنه في الرافعات المحمولة على الاطارات لايسمح بارتفاع المساند عن سـطح الارض ففي الرافعات المحمولة على crawler لايسمح بارتفاعها عن الارض أيضا ومهما كانـت الاسباب كذلـك ٠

تاســـعا

حبال الرفع الفولاذية ؟

أعداد المهندس ـ حكمت جعفر الحسن

أولا ـ المقدمـــة

أن مسؤولية أختيار الاجهزة وكفاءتهــــا أو اختيار المعادن المختلفة ليس لانجاز العمل بصورة كاملة ودقيقة فحسب وأنما المطلوب كذلك سلامـــة الاجهزة نفسها وسلامة العاملين عليها لكي يتـــم انجاز العمل بدون مخاطر وبصورة مضبوطة وتزداد أهمية عامل السلامة عند الاشتغال على تلك الاجهزة أو أستعمال تلك المعادن في أماكن ذات طبيعةخاصة وتتطلب أجراءات أمنية مضاعفة كالعمل في المصافي أو المعامل الصناعيـــة وغيرها •

يتطلب عند أختيار الحبال الحديدية والمعـــدة للرفع أو الشد بعض المواصفات الخاصة وحســب طبيعة عمل تلك الحبال والمراد تحقيقها مـن قبـل المجهزين لتلك الحبال كما أن هناك عوامل كثـــيرة تؤثر في طريقة اختيار الحبال الحديدية فمثـلا أن متانة الحبال من الامور المهمة وكذلك سمك الحبال ونوعية الاسلاك وطريقة الصنع أيضا من الامـور المطلوبة ومن الممكن ذكرأهم العوامل المطلوبة :ـ

أ ـ أن الحبال الحديدية تصمم بمتانة وقـــوة محسوبة على أن تتحمل أعلى ثقل مسموح به لذلك النوع أو السمك وطبعا تعتمد تلك القوة أو المتانـــة على سمك الحبل Size ونوعية الاســـلاك grade of Wire وكذلك نوعية الاسلاك المصنعة كمركز الحبل Core بالاضافة الـى ذلك هناك عامل الامان Factor of Safety والذي يتراوح بين (٥ـ١٠) أي أن القوة التصميمية أو متانة الحبال مقسمة على (٥ الى ١٠) والناتـــج هو الثقل المسموح برفعة لتلك الحبال وذلك لزيادة سلامة الاجهزة أو العاملين عليها فمثلا أن الحبـــال الحديدية المستعملة في المصاعد الكهربائية ولنقــل الاشخاص يكون معامل الامان فيها (١٠) أمـــا أذا أستعملت في الاغراض الصناعية فيتراوح بين (٢ـ٥) وحسب نوعية العمل المطلــوب •

ب ـ يجب أن تكون للحبال القابلية على تحمــل ظاهرة الالتواء أو الحنى بدون أن يحدث أي تغير كالتشقق أو الكسر في مظهر الحبال الخارجي وتعتمد هذه الظاهرة مثلا على سمك الاسلاك المكونــــة للظفائر فكلما قل قطر السلك كلما زادت مقاومتـــه للالتواء وكذلك هناك تاثير طريقة لف أو تركيـــب الاسلاك والظفائر في الحبال نفسها من طريقة الى أخـــرى •

ج ـ يجب أن تكون للحبال القابلية على مقاومة الاحتكاك Resist Abrasion

وتعتمد هذه القابلية أيضا على سمك الاســـــلاك الخارجية للحبال (لاحظ شكل رقم ٢٧٥) فالاسلاك ذات الاقطار الكبيرة لها القابلية على مقاومة الاحتكاك أكثر من ذات الاقطار الصغيرة وكما في الحالـــة السابقة فان طريقة لف الاسلاك أيضا لها تاثير على قابلية تحمل الحبال للاحتكاك •

د ـ يجب أن تكون للحبال القابلية على تحمــل التشويه والسحق Distortion & Crushing وممكن أن يحدث ذلك عندما يتم لف تلك الحبال على أسطوانات اللف Drums بصورة غـــير مضبوطة أوتستعمل تلك الحبال مع بكرات غـــير مصممة لسمكها ومن الاجزاء التي لها تاثير علـى هذه المقاومة هو مركز الحبل Core لذا فأن

المركز المتكون من أسلاك معدنية IWRC يكون أكثر مقاوم للسحق أو التشويه من الحبل ذو المركز النسيجي Fiber Core

هـ ـ يجب أن تكون للحبال الحديدية القابلية على مقاومة الالتفاف على نفسها (البرم) Rotation لان هذه الظاهرة غير مرغوب فيها وخاصة عند عملية التحميل وتعتمد مقاومة هذه الظاهرة على طريقة لف الاسلاك المعدنيةعند تركيب الظفائر في الحبال من طريقة الى أخرى • وكذلك تعتمد على نوع المركز Core فالحبال ذات المركز السلكي IWRC لها قابلية مقاومة الالتفاف أكثر من الحبال ذات المركز النسيجي.

و ـ يجب أن تكون للحبال القابلية على مقاومة أنواع التاكل التي تحصل للمعادن Corrosion لانه هناك أحتمال أن تتاكل الحبال المصنوعة من معادن مختلفة مثلا عند تعرضها للظروف الجوية المختلفة أو ملامستها أثناء العمل لمواد مؤكسدة أو مؤثرة ومساعدة على عملية التاكل Corrosion elements لذا تصنع الاسلاك المعدنية من نوع السلك المغلون Galvanized wire أو من الحديد المقاوم للصدا S.S. wire أو بعض أنواع الشحوم أو الدهون لتغطيةالاسلاك ومنعها من ملامسة المواد المساعدة للتاكل أو تقلل تعرضها لها •

ثانيا ـ (تصميم وتركيب الحبال الحديدية)

تركب الحبال الحديدية عادة (وكما نشاهده في الشكل رقم (٢٧٥) من عدة أسلاك منفصلة وتتم عملية لف هذه الاسلاك ذات الاقطار المختلفة على بعضها بعدة طرق (سياتي شرحها) لتكوين الظفيرة Strand فالظفيرة متكونة من أسلاك مختلفة السمك تلف على بعضها ومن ثم تلف هذه الظفائر أيضا على بعضها لتكون الحبال وعادة تلف الظفائر على مركز الحبل ويتكون مركز الحبل من اسلاك معدنية نوع IWRC أو من خيوط نسيجية (ليفية) Fiber ولما كان هناك أنواع عديدة من الحبال الحديدية لذا فانه يتم تعريفها كما يلي:ـ

فمثلا هناك النوع الذي يعرف (١٠٠٠ قدم ١/٢ أنج قطر ٦×٢٥ مركز سلكي) Type IWRC, 1000 ft, 1/٤" dia, 6x25

فالرقم الاول يمثل طول الحبل الحديدي بالاقدام والرقم الثاني يمثل قطر الحبل الحديدي • اما الرقم (٦) فيمثل عدد الظفائر في مقطع الحبل والرقم الاخير (٢٥) يمثل عدد الاسلاك المعدنية المكونة لكل ظفيرة وكذلك يجب أن تعرف طريقة صنع أو تركيب الحبال وكذلك نوع المعدن المستعمل للاسلاك ونوعية المركز لذا فأن الاشياء المهمة والمطلوبة حول الحبال هي :ـ

١ ـ نوعية السلك Grade of wire

٢ ـ عدد الاسلاك وطريقة تنظيمها في الظفيرة الواحدة Nnmber of pattern of wire strand

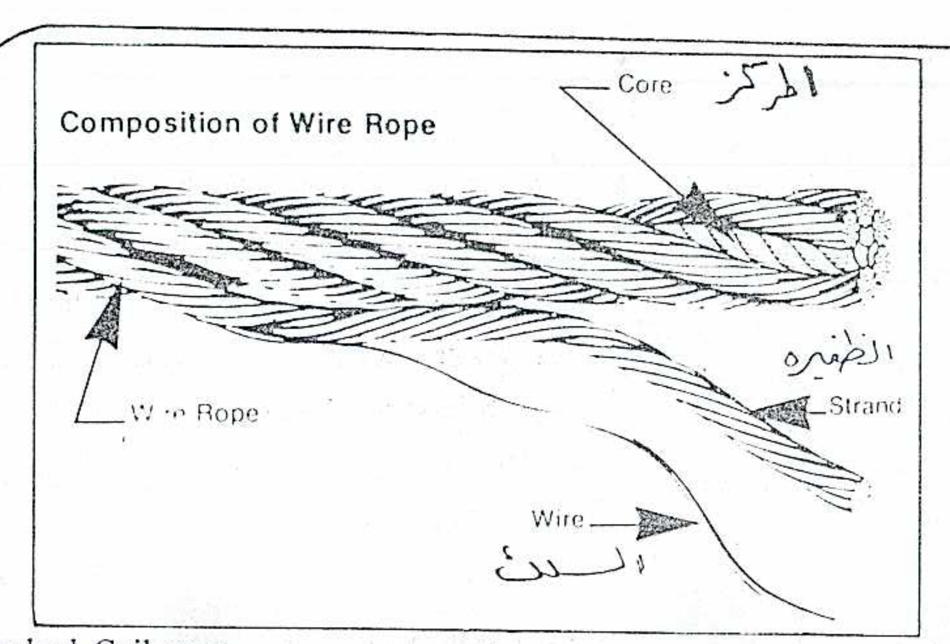
٣ ـ طريقة لف الظفائر والاسلاك Type of lay

٤ ـ طريقة تصنيعه أو تركيبه

٥ ـ نوع المركز Type of core

ثالثا ـ (المواصفات القياسية للظفائر ونوعية الاسلاك)

هناك عدة أصناف أو أنواع للاسلاك المكونة للظفائر تتبع مواصفات قياسية معينة وتعتمد تلك



شكل رقم (٢٧٥)

المواصفات على قوة ومتانة السلك ومقاومته للاحتكاك والتاكل ، وتصنف حسب نوعية العمل لتلك الحبال أما الظفائر فتعرف بعدة اشكال أو تنظيمات قياسية ومنها

(١) الحبال ذات الظفائر الدائرية الشكل الدائري Round strand rope

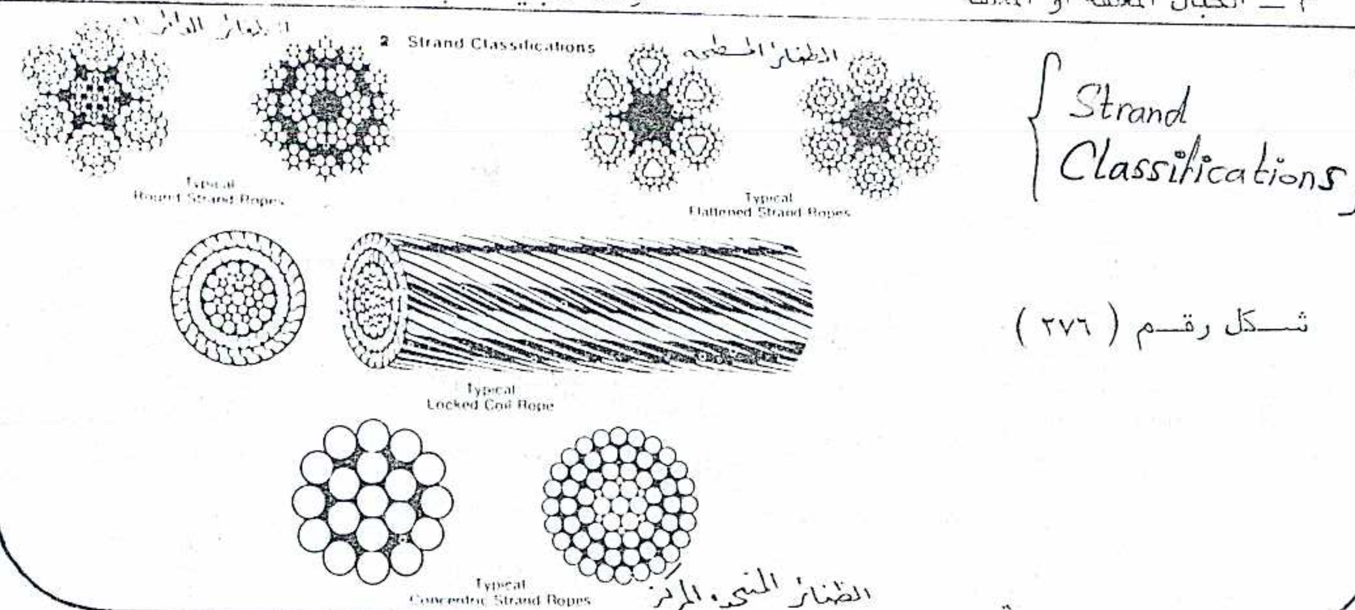
٢ ـ الحبال ذات الظفائر السطحية
Flattened strand rope

٣ ـ الحبال المغلفة او المغلقة
Locked Coil rope

٤ ـ الحبال ذات الظفائر المتحدة المركز
Concentric strand rope

الشكل رقم (٢٧٦) يمثل تلك الانواع ، وان أكثر الانواع استعمالا هو النوع الاول لذا سيتم شرح مواصفاته وطريقة تركيبه فقط .

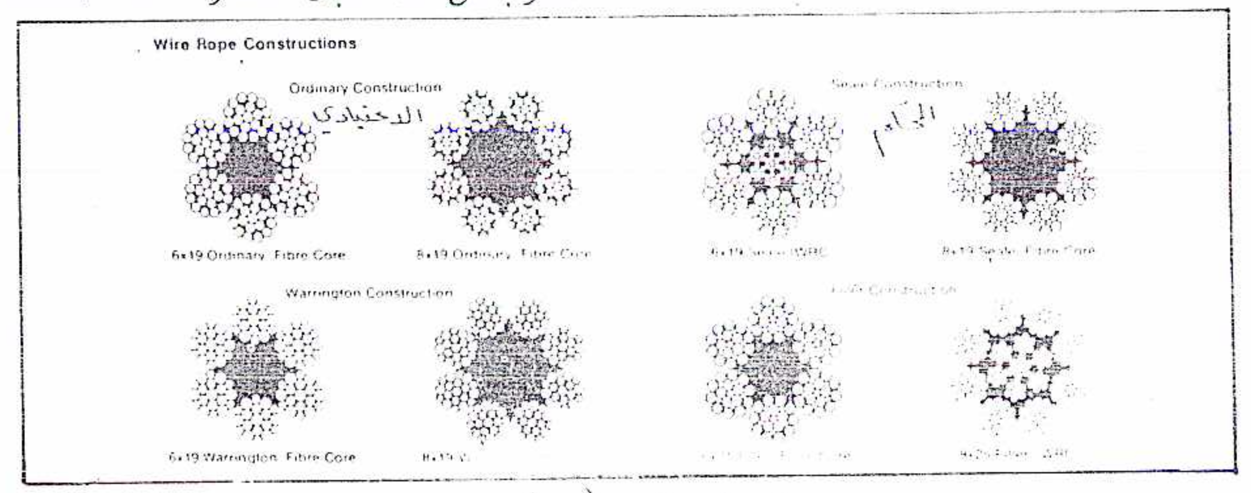
أن تركيب الظفائر في الحبال الحديدية تنظم على شكل مجموعات مستقلة ، تعرف تلك المجموعات بعدد الاسلاك لكل ظفيرة فكلما زاد عدد الاسلاك تزداد قابلية الحبال لمقاومة الانحناء ، الالتفاف أو



شكل رقم (٢٧٦)

الكسر ولكن على حساب مقاومته للاحتكاك وتنظم طريقة تركيب الاسلاك داخل الظفائر بتنظيمات خاصة ويصنف الحبل تبعا لتلك التنظيمات ، ومن الممكن أن تكون اسلاك الظفيرة من قطر واحد (سمك) أو من أقطار مختلفة . هناك أربعة تنظيمات معروفة لتلك الظفائر وكما نشاهده في الشكل رقم ٣٧٧ .

ذات الاقطار الكبيرة والمكونة للمدار الخارجي والداخلي للظفيرة وبهذا تعطي مقاومة للكسر والاحتكاك معا في بعض الاحيان يستعمل في تركيب الظفيرة أكثر من نوع واحد من الانواع المذكورة أعلاه وذلك لاعطاء مواصفات خاصة وحسب ما هو مطلوب من تلك الحبال فكلما زاد عدد الاسلاك



شكل رقم (٣٧٧)

أ ـــ النوع الاعتيادي Ordinary وتكون أسلاك الظفيرة من قطر (سمك) واحد .

ب ـــ المحكم أو المغلف Sealed حيث تكون اسلاك الظفيرة الخارجية ذات اقطار كبيرة وذلك لمقاومته الاحتكاك والاسلاك الداخلية تكون صغيرة القطر لزيادة المرونة للحبال .

ج ـــ نوع Warrington حيث تتكون الظفيرة من أسلاك ذات أقطار كبيرة وصغيرة ومرتبة بالتناوب وذلك لزيادة المرونة وزيادة مقاومته للاحتكاك .

د ـــ نوع Filler حيث أن الاسلاك ذات الاقطار الصغيرة تملأ الفجوات بين الاسلاك

تغيرت المواصفات القياسية واستحدثت مواصفات أخرى كما يظهر في الشكل رقم (٣٧٨) .

رابعا ـــ (طريقة لف أو برم الحبال الحديدية وظفائرها) Rope Lay

. يعرف مصطلح Rope Lay هي طريقة لف الحبال وظفائرها واتجاه اللف فاما أن تكون عملية اللف باتجاه اليمين (باتجاه عقرب الساعة) أو تكون الى اليسار (بعكس اتجاه عقرب الساعة) ان طريقة اللف تؤثر بصورة مباشرة على مرونة الحبل وكذلك على مقاومته للسوفان Resistance of wear المصطلح الاخر هو طول اللفة Lay length

ويعرف هذا الطول هو طول الحبل الذي تدور فيه الظفيرة الواحدة دورة كاملة حول مركز أو محور

Basic 37 Wire Strands

6x31 Warr. Seale, IWRC Rope

Details of 31 Wire Warrington Seale Strand

Details of 41 Wire Filler Strand

6x49 Filler Seale, IWRC Rope

Details of 49 Wire Filler Seale Strand

شـــكل رقـــم (٢٧٨)

الحبال نفسه كما بالشكل رقم ٢٧٨ .

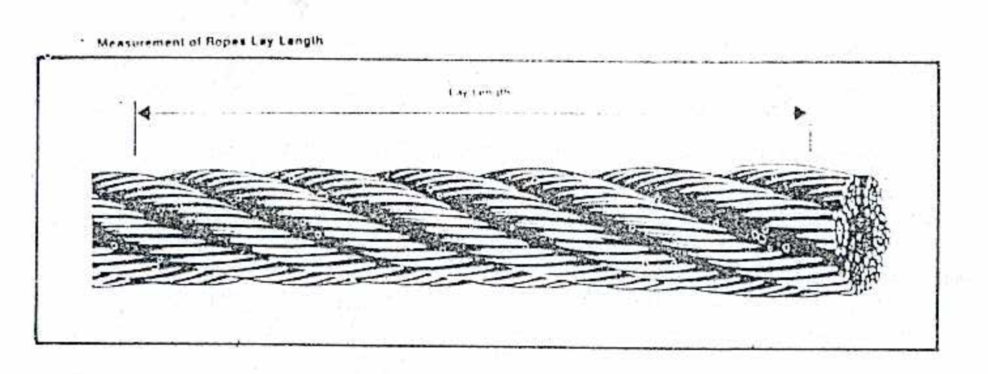
تتم عملية لف الخلفائر أو الحبال الحديديـــة بطريقتين أساسيتين : —

١ — طريقة (Regular Lay rope)

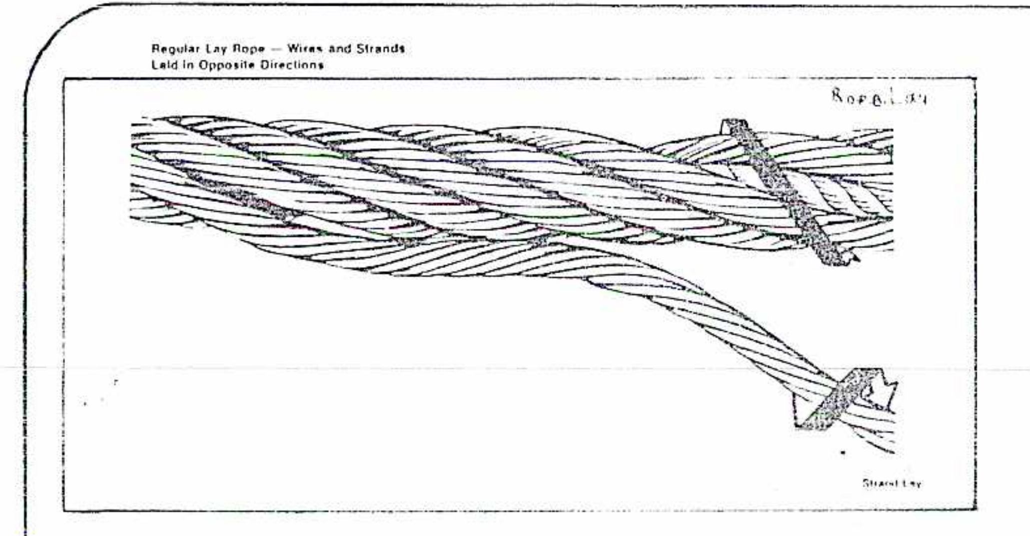
ويتم في هذه الطريقة لف الاسلاك في الظفـــيرة أي أتجاه لف الاسلاك في الظفيرة الواحدة يكـــــون بعكس أتجاه لف الظفائر نفسها في الحبل كمـــــا نشاهده في الشكل رقم (٢٨٠) • وفي هذه الطريقة يكون رأس السلك في الظفيرة عند الالف درما موازي الى المحور الافقي للحبل نفسه ومن مميزات هذه الطريقة أن الحبال تكون لها مقاومة جيدة ضدالفتل Kink of Twist وكذلك لها القابلية على مقاومة السحق أو التشويه •

٢ — طريقة Long Lay ropes

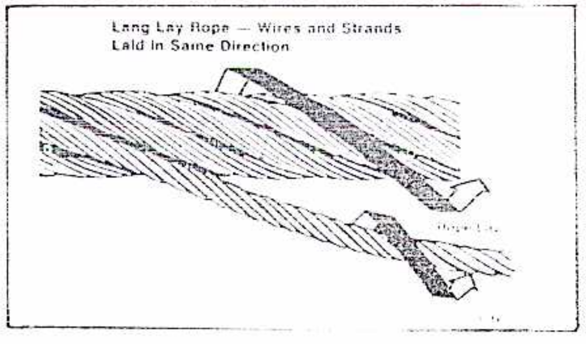
تتميز هذه الطريقة بان يكون لف السلك في الظفيرة



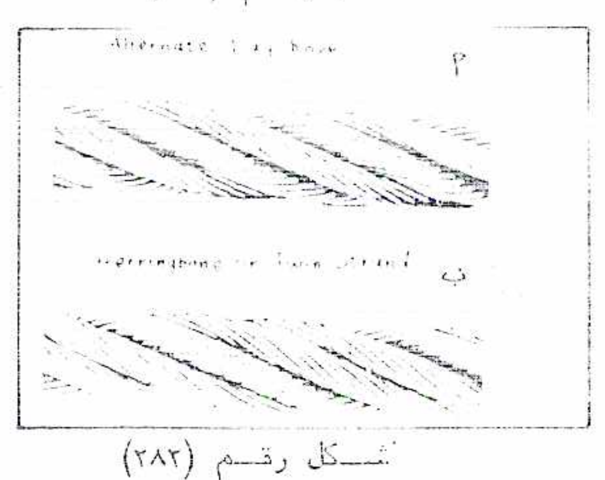
شـــكل رقـــم (٢٧٩)



شـكل رقـم (٢٨٠)



الشـكل رقـم (٢٨١)



شـكل رقـم (٢٨٢)

وكذلك لف الظفائر في الحبل بنفـس الاتجـاه كما مبين في الشكل (٢٨١) في هذه الطريقة يكـون أتجاه لف السلك الخارجي للظفيرة مائل بصـورة عمودية تقريبا على محور الحبل وبهذا يكون الطول المعرض للاستعمال للسلك الواحد اكثر من الطريقة الاولى ولهذا تزداد قابلية السوفان ولكن تزداد مقاومته للاحتكاك ويكون الحبل أكثر مرونة وله قابليـة تحمـل الكسـر ٠

ولكن هناك احتمال أن يتعرض هذا النوع مـن الحبال الى الانفلات أو البرم حول نفسه لذا يتطلب ربط نهايات الحبل لتجنب هذه الظاهرة ٠ لذلـك لايوصى باستعمال هذا النوع بصورة منفردة عنـد عملية الرفع ولايستعمل لربط جسم دوار ٠

يتم لف الظفائر في الحبال باتجـاه اليمـين و اليسار (وكما بينا سابقا) أو تتم عملية اللف بطريقة التناوب أو التعاقب Alter Nate حيث يتم لف ٣ ظفائر ملفوفة أسلاكها الى اليسار مع ٣ ظفائر ملفوفة أسلاكها الى اليمن كما نشاهده في الشـكل (٢٨٢) أ ٠

أما الطريقة الاخيرة المسماة بالطريقة المزدوجـة Twin Strand وفيها تكون الحبال مكونة من (٤) ظفائر ملفوفة أسلاكها الى اليمـين Right-Laid مع ظفرتين ملفوفة أسلاكها

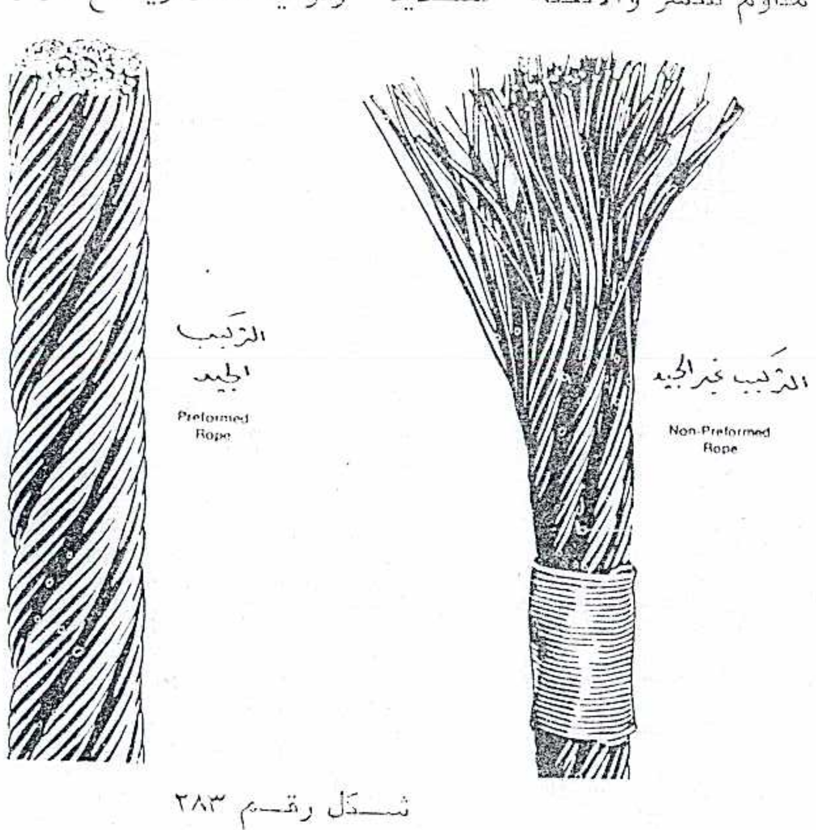
الــى اليســار •

ويتم لف الظفائر بحيث تفصل ظفيرة ملفوفة الى اليســار كــل زوج مــن الظفائـــر الملفوفـــة الى اليمين ويصبح المقطع ظفيرتين ملفوفتين الى اليمين ثم ظفيرة ملفوفة الى اليسار ثم الظفرتين الاخيرتين الملفوفتين الى اليمين ثم الظفيرة الاخيرة الملفوفة الى اليسار كما مبين في الشكل (٢٨٣) ب •

يجب أن يتم صنع وتركيب الاسلاك والظفائـــر في الحبال الحديدية ولفها بصورة صحيحة ومضبوطة لكي يتم أستعمال الحبال بدون أن تستقيم أو تطول الظفائر او الاسلاك • ويكون الحبل سهل القطع بدون أن تفتح نهاياته أو تنفلت الاسلاك كمـــا نشاهده في الشكل رقم ٢٨٣ وان يكــون ســـهل الحمل والاستعمال وليس بـــه مجـــال البـــرم أو الفتل وان يكون مقاوم للكسر والانحناء الشـــديد وان الظفائر يجب أن تتحمل الثقل المسلط عليهـــا بصورة متساوية وان يكون للحبال مقاومة جيدة ضد الســـــوفان •

خامســا ـ (طريق تصنيع وتركيب مركــز الحبـــال الحديدية) CORE

عند تصنيع الحبال الحديدية يتم لف الظفائـــر على مركز الحبل الذي يكون في الوسط وتلف عليـــه الظفائر والمركز يسند ويساعد في تنظيم عملية لف الظفائر بحيث تكون على شكل حلقات ويمنع أرتكاز ظفيرة على أخرى وفي نفس الوقت يســاعـد علـــى مرونة الحبال وسهولة استعمالها ويتكون المركز من عدة أشكال وتعتمد تلك التنظيمات على ظـــروف ونوعية العمل ويصنع المركز من نوعين رئيسيين :ـ



شـــكل رقـــم ٢٨٣

١ ــ المركز النسيجي FIBER CORE

يتم صنع المركز النسيجي الليفي لكي يعطي اقصى قابلية للمرونة والليونة ويصنع من النسيج الصلب ومن مادة بولي بروبلين poly-propylene أو من مادة النايلون ولكن من عيوب أستعمال هذا المركز أن عملية تركيب أو دمج خيوط النسيج مع بعضها تكون ضعيفة نسبيا في ظروف جوية رطبة أو غيرها وغير مقاوم لعدد كبير من الحوامض وكذلك لايفضل استعمال الحبال ذات المركز النسيجي في ظروف عمل تختلف فيها درجات الحرارة لان الحرارة تتلف خيوط النسيج وكذلك يمنع استعمال الحبال أو لفها على أسطوانات لعدة طبقات Multi-layer winder وذلك لان الحبال سوف تسحق أو تنهشم لعدم قابلية المركز على تحمل الضغط أو القوة الخارجية أي أن الحبال أو طبقات اللف سوف تسحق بعضها البعض . شاهد الشكل رقم (٢٨٤) .

Fibre Core Ropes

Fibre Core

شكل رقم (٢٨٤)

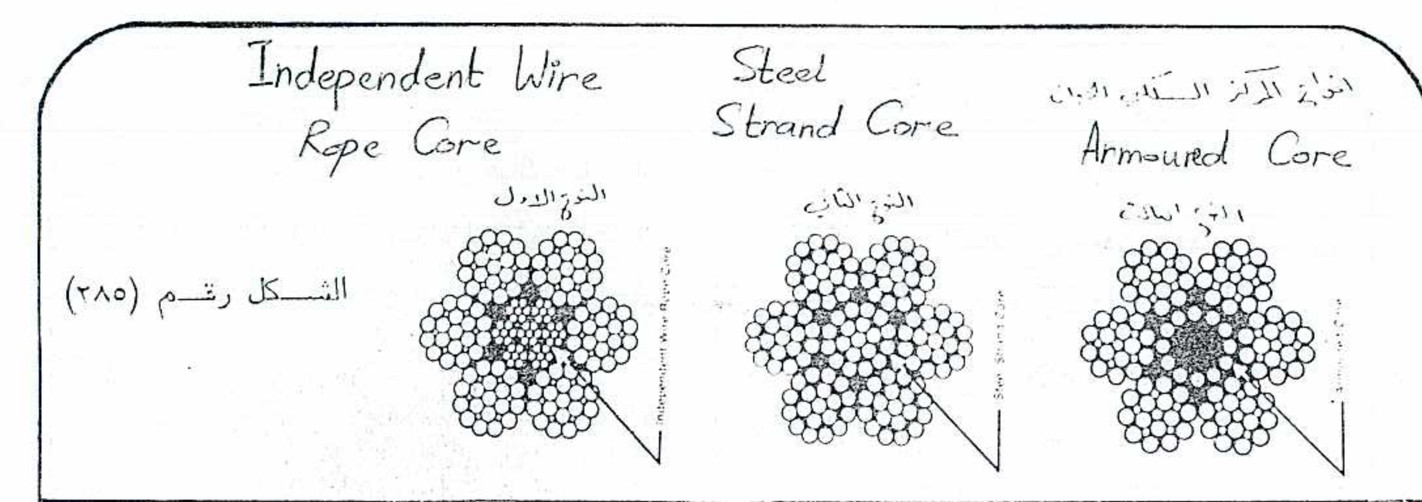
٢ ــ المركز المعدني أو السلكي

ويتكون هذا النوع من مركز معدني ذات ثلاثة تنظيمات رئيسية :ــ

أ ــ المركز المعدني المصنوع من أسلاك صغيرة القطر وعلى شكل ظفائر صغيرة مشدودة على بعضها وتسمى Independent wire rope core.

ب ــ المركز المصنوع من ظفيرة واحدة لها أسلاك بنفس قطر الاسلاك المكونة لظفائر الحبل نفسه أي أن مقطع الحبل يبين (٦) ظفائر مكونة الحبل مع ظفيرة في الوسط وهي المركز ويدعى Steel Strand core وتصنع الحبال الحديدية بهذا النوع من المركز أذا كان قطرها الخارجي أقل من (١/٢ انج) .B.S.S.

جـ ــ هذا النوع يسمى المركز المسلح Armoured core كما نشاهده في الشكل رقم (٢٨٥) تستعمل الحبال ذات المركز المعدني بانواعه الثلاثة بدل المركز النسيجي وذلك عندما تكون الظروف قاهرة وصعبة وعندما يكون معرضا لسوء استعمال ايضا ويبقى محتفظا بشكله الدائري بدون أن يسحق عندما يستعمل على بكرات صغيرة الحجم لاتناسب سمك الحبل أو يلف على طبقات متعددة وكذلك فان هذا النوع من المركز يمنع الظفائر من أن ترتكز على بعضها وعادة يكون تمدد أو أستطالة stretch هذا النوع من الحبال أقل من الحبال ذات المركز النسيجي ولكن يكون بمتانة أكثر بنسبة ٧½٪ تقريبا من الحبال ذات المركز



الشكل رقم (٢٨٥)

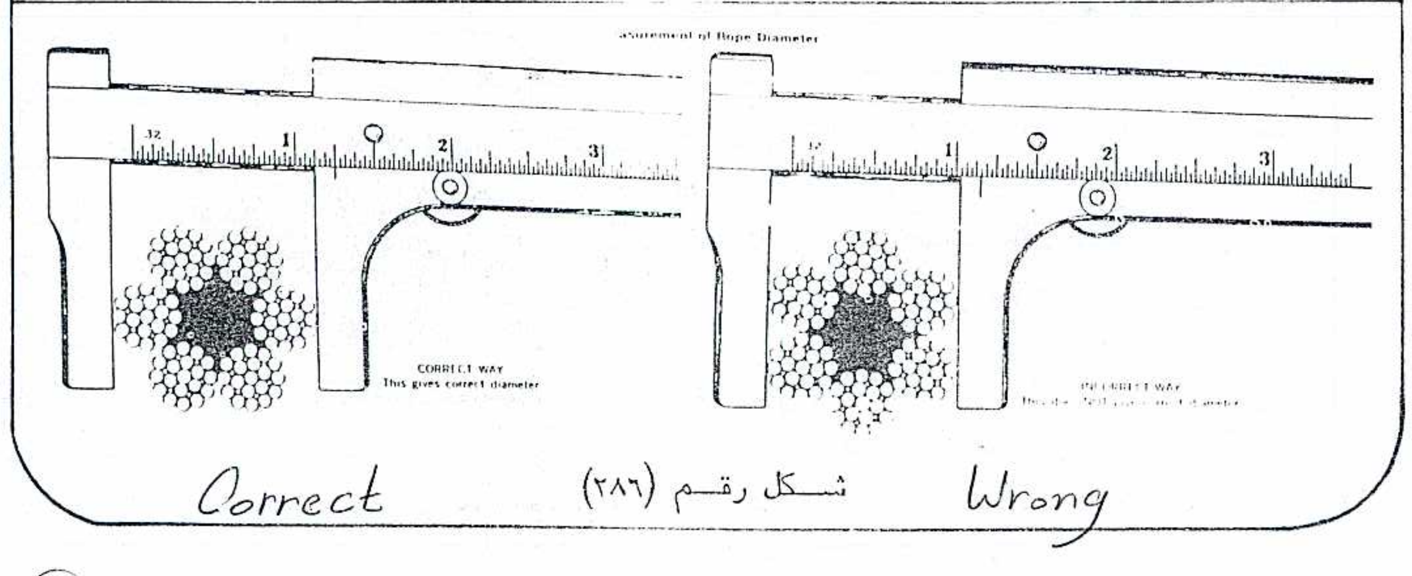
النسيجي وفي نفس الوقت تكون أقل مرونة و... مقاومة للثقل المفاجيء .

يقاس قطر الحبل كما مبين في الشكل رقم (٢٨٦) بحيث يكون القياس بين أبعد نقطتين في القطر ويفضل أن تؤخذ (٣) قراءات مختلفة للحبال المتكونة من (٦) ظفائر و(٤) قراءات مختلفة للحبال المتكونة من (٨) ظفائر

سادسا — تقييم العوامل المؤثرة في عمل الحبال الحديدية

يوجد عاملان اساسيان يجب أن يؤخذان بنظر الاعتبار عند محاولة أختيار أحد أنواع الحبال والتمايز بيهما وهي مقاومة الحبال للكلل Fatigue ثم الكسر وكذلك مقاومته للاحتكاك **Abrasion** وان هذين العاملين يؤثران على عمل الحبال بصورة مباشرة وعلى كفاءته ومتانته مع مرور الزمن وشدة الاستعمال .

١ — الكلل **Fatigue** تحدث هذه الظاهرة عندما يبقى الحبل مشدودا على أسطوانة اللف أو البكرات لمدة طويلة نسبيا ، فالمعروف عند تسليط أي قوة خارجية على الحبال فانها تستطيل بنسب معينة محسوبه ونتيجة ذلك فان الحبل يصبح أكثر مشدودا من الحالة الاولى وعندما تلف تلك الحبال بهذه الوضعية على البكرات أو



شكل رقم (٢٨٦)

الاسطوانة Drum فان ذلك ينتج جهد كبيرا على الاسلاك المكونة للحبل وبما أن هناك أحتمال تغير أتجاه القوة المسلطة من أتجاه الى أخر وحسب حركة الحبل فوق البكرات أو اسطوانة اللف فمعنى ذلك أن الجهد سوف يتغير تبعا لذلك من جهة الى أخرى وبالعكس وبالنتيجة فانها تؤدي الى حدوث ظاهرة الكلل في أسلاك الحبل لان السلك يبقى يستطيل وينحني في أتجاهات مختلفة تبعا للجهد المسلط وهناك أحتمال ظهور بعض الفطور الصغيرة نتيجة ذلك وتؤدي الى كسر كبير في أسلاك عديدة وممكن حدوث ذلك في الحبال وخاصة في الحبال ذات الاسلاك الصغيرة القطر ، ولكن كلما صغرت الاسلاك كلما زادت مرونة الحبل وكلما كان أختيار البكرات أو أسطوانة اللف ملائمة لسمك الحبل كلما زادت ساعات عمل الحبل ومقاومته للكسر وغيرها • ومقاومته وغيرها •

٢ ـ الاحتكاك Abrasion تحدث هذه الظاهرة في الاسلاك الخارجية المكونة للحبل حيث تتعرض هذه الاسلاك أكثر من غيرها للاحتكاك مع البكرات أو مع بعضها البعض ويزداد الاحتكاك بوجود الاوساخ أو الاتربة أو عندما يعمل الحبل على أسطح خشنة أو حادة أو أحتكاك الحبال مع بعضها عند اللف على أسطوانة اللف ، ولزيادة مقاومة الحبال أو الاسلاك لهذه الظاهرة يجب أن يتوفر مايلي:

أ ـ أن يكون تعرض السلك الخارجي لاكثر طول ممكن لكي لاينحصر الاحتكاك في منطقة صغيرة من السلك

ب ـ أن تكون الاسلاك الخارجية ذات أقطار كبيرة ••

جـ ـ أن يكون السلك من معدن الحديد الحاوي على نسبة عالية من الكاربون والمغنيسيوم

د ـ أن يكون نوع الحديد من النوع الجيد ومعامل حراريا •

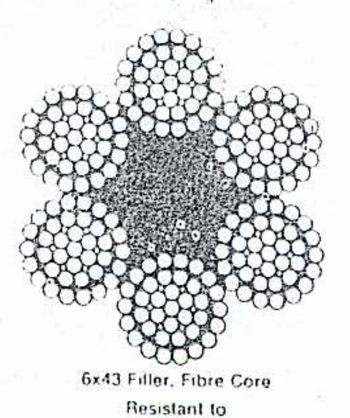
وعند تصميم الحبل لكي يقاوم الاحتكاك الشديد أثناء العمل فمن المفضل أستعمال حبال ملفوفة بطريقة Long Lay rope لانه كما بينا سابقا تكون الاسلاك والظفائر ملفوفة في نفس الاتجاه وينتج من ذلك أن يتعرض للاحتكاك من الاسلاك الخارجية مع البكرات أو غيرها أطول أو أكثر طول ممكن من الاسلاك وبالتالي فأن السوفان يحدث بمدة أطول وكمثال على ذلك فأن الحبال المصنوعة أو الملفوفة بالطريقة المحكمة Seal Strand تكون مقاومتها للاحتكاك جيدة، الشكل رقم ٢٨٧يبين تنظيم الظفائر وعلاقتها بالاحتكاك وغيرها من المؤثرات الخارجية فالتنظيم الاول هو ذو قابلية مقاومة الاحتكاك اما النوع الثاني فهو مقاوم جيد للكلل والانحناء ومن المفضل أن تصمم حبال الرفع على أن تحوي على صفات مشتركة بين التنظيمين لكي يتم التغلب على معظم المشاكل التي من الممكن أن تحدث عند الاستعمال •

سابعا ـ كيفية حساب معامل الامان والثقل التشغيلي المأمون للحبال

لكي تتم السيطرة أو التغلب على أي نوع من أنواع العجز أو الفشل أثناء عمل الحبال ولكي

Effect of Wire Size on Ability to Resist Abrasion, Distortion, Crushing, and Bending Fatigue

6x7 Fibre Core
Resistant to
Abrasion, Distortion
& Crushing



6x43 Filler, Fibre Core
Resistant to
Bending Fatigue

شكل رقم (٢٨٧)

يكون العمل عليها في مامن بالنسبة للاجهزة وكذلك بالنسبة للعاملين عليها لذا فان الثقل التشغيلي للحبال Actual load يجب أن يكون أقل بكثير من الثقل اللازم للقطع أو الكسر للحبال breaking load وكذلك يجب أن تحسب جميع القوى المسلطة على الحبل Stresses أثناء عملية الرفع ولمعرفة المتانة والقوة اللازمة لتلك الحبال ولمنع وقوع الحوادث يجب أن تعرف أعلى متانة يتحملها الحبل ومن ثم يجب أن يكون للحبل معامل أمان factor of Safety من الممكن أن يعرف معامل الامان من المعادلة التاليـة : —

$$\text{معامل الامان للحبل} = \frac{\text{اعلى قوة أو متانة تصميمية لمقاومة قطع الحبل}}{\text{أقصى ثقل تشغيلي مامون}}$$

وكما ذكر سابقا أن معامل الامان بالنسبة للمعدات هو (٥) ومعامل الامان بالنسبة للاشخاص هو (١٠) ، لذا وبعد معرفة معامل الامان الثبته فانذاك ممكن أستخراج أقصى ثقل تشغيلي مامون من نفس المعادلة السابقة ، يعتقد أحيانا بان وجود معامل الامان هو كقوة أضافية محفوظة ومن الممكن زيادة الثقل بنسب معينة عند الحاجة ولكن هذا الاعتقاد خاطىء ويجب أن لايزيد الثقل المرفوع ومهما كانت الاسباب عن أقصى ثقل تشغيلي مامون ومحسوب وذلك لان وجود معامل الامان هو لعدة أسباب رئيسية يتضمنها وهي : —

١ — أن أهم فوائد عامل الامان هو لتقليل الثقل المرفوع عن الثقل اللازم للقطع وذلك لكي تتم السيطرة على سلامة الاجهزة وكذلك السيطرة على العوامل الاخرى المعرض لها الحبل أثناء العمل ومنها السوفان الكلل ، التاكل ، الاحتكاك أو الاختلاف في السمك أو في نوعية الحبال أو الاسلاك grade

٢ — أن روابط نهايات الحبل Fittings وكذلك المثبتات Splice هي ليست بنفس قوة ومتانة الحبال نفسها لذا فان معامل الامان يغطي هذا الفرق في المتانة .

٣ — في بعض الأحيان تسلط على الحبال قوى أضافية نتيجة العمل كرفع الثقل بسرعة أو تتم عملية الرفع بتعجيل كبير وكذلك تأثير عزم القصور الذاتي للحبال نفسها كتاثير الحركة على الحبل عند

بدء العمل من السكون Starting أو التوقف المفاجيء Stopping أو الاهتزاز أو الدوران أو الارتجاج.

٤ — في حالة رفع بعض الاثقال ذات الأوزان المختلفة وغير المضبوطة أو غير متاكد من مقاديرها فانذاك يكون معامل الأمان هو الذي يغطي هـذا الاختلاف .

٥ — لتغطية الثقل الزائد المسلط أثناء شـد الحبال واحتكاكها بالبكرات .

٦ — لتغطية ثقل أو زون الحبال نفسها وكذلك ملحقات الرفع مثل هـوك hook وغيره .

عند ملاحظة العوامل المذكورة أعلاه يتبين أهمية معامل الأمان وتاثيره على سلامة الاجهزة والعاملين عليها لذا يجب أن لايقل مقدار معامل الأمان للحبال مهما كانت الاسباب وكذلك يجب أن لايرفع بالحبال أكثر من الثقل التشغيلي المحسوب لها . لغرض حساب الثقل التشغيلي المامون للحبال يجب أن يكون مقدار الثقل اللازم للقطع وكذلك معامل الأمـان معلوم وحسب متطلبات عمل تلك الحبال . وكما ذكرنا سابقا من الممكن حساب الثقل التشـغيلي المامون من المعادلة التالية : —

$$\text{الثقل التشغيلي المامون} = \frac{\text{الثقل اللازم للقطع}}{\text{معامل الامـان}} \quad \text{S.W.L.}$$

وهناك جداول قياسية عالمية لجميع أنواع الحبال ولمختلف الاقطار (السمك) ومحسوبة الاثقـال التشغيلية لتلك الحبال بموجب المعادلة المذكـورة اعلاه ولمختلف الاغراض وكذلـك ممكـن حساب الثقل التشغيلي للحبال من المعادلة التالية عنـد عـدم توفر المعلومات الكاملة عن الحبـال أو لعدم وجود جداول موضحة في ذلك

الثقل التشغيلي المأمـون S.W.L. = قطر الحبل × قطر الحبل × ٨

ويكـون ناتـج هـذه المعادلـة بالاطنـان ومن المفضل عند طلب شراء أي نوع من الحبـال الجديدة أن يطلب من المجهز تزويد الجهة الطالبـة رسميا بكتاب يثبت فيه جميع المواصفات المطلوبـة بما فيها الثقل التشغيلي والثقل اللازم للقطع .

ثامنـا —

(طريقة الفحص الهندسي للحبال الحديدية)

من أهم الاجزاء التي يجب أن تفحص أثناء العمل ومراقبتها في معدات الرفع هي الحبال الحديديـة وملحقاتها وكلما زادت المراقبة والفحص كلما زادت سلامة الاجهزة والعاملين عليها وكذلك زادتكفائتها وبالتالي فان المردود الاقتصادي لتلك الاجهـزة يكون أكثر ، وطبعا هناك بعض العوامل المؤثـرة والتي يجب التركيز عليها اثناء الفحص منهـا الاحتكاك ، السوفان ، الكلل التاكل ، أنفلات نهاية الحبـل وغيرها . كل هذه العوامل لها تاثير كبـير على مدة أستعمال الحبل وقوته ومتانته ، لذا يجب أن يفحص الحبل فحصا دقيقا على الاقل مرة واحدة في الشهر ويجب أن يتم الفحص من قبل شخـص مسؤول له حق تقرير مدى صلاحية الحبال للعمل، أما بالنسبة لمدة أستعمال الحبل فهناك فرق بـين استعمال الحبل بصورة مستمرة أو متقطعة لذا فمن المفضل أن يقاس عمر الحبل أو مدة أستعماله بعدد

ساعات معينة أو أيام أو أسابيع وخاصة بالنسبة للحبال المستعملة بصورة مستمرة وان تبدل تلك الحبال باخرى جديدة بعد أنتهاء المدة مباشرة وهذه الطريقة تجعل أستعمال الحبل والاجهزة في مامن من المخاطر التي من المحتمل أن يتعرض لها أثناء العمل ومن أهم العوامل التي ذكرت أعلاه والتي تقرر مدى صلاحية الحبل للعمل هي : —

١ — الاسلاك المكسورة Broken Wires

أن أيجاد الاسلاك المكسورة في الحبال أثناء الفحص الدوري لها يساعد على تقرير مدى صلاحيتها للعمل ولايعني وجود سلك مكسور أن يتطلب تبديل الحبل بكامله ولكن من المفضل أيجاده أو أكتشافه مبكرا حتى يمكن معالجة الموضوع قبل أستعماله ومن الممكن أن يستعمل الحبل حتى ولو كان هناك أكثر من سلك واحد مكسور ولكن على شرط أن تكون المسافة بينهما كبيرة وفي هذه الحالة يجب مراقبة الحبال أثناء العمل بصورة دقيقة وعند وجود مثل هذا السلك فمن المفضل أيضا أن يعزل رأس السلك المكسور الى الخارج ويقطع جزء صغير بحيثيبقى بقية السلك في الظفيرة محصور وملفوف مع بقية الاسلاك لانه هناك أحتمال أذا ترك هذا السلك أن يقوم بتخديش أو كسر بقية الاسلاك ولكن يجب أن يبدل الحبل باخر جديد في الحالات التالية : —

أ — أذا كان عدد الاسلاك المكسورة في الحبل (٦) فأكثر وفي مناطق مختلفة (في عدة ظفائر) ولكنها تقع كلها ضمن طول معين من الحبل وهذه التسمية تعني بطول Rope Lay Length الحبل الذي تدور فيه الظفيرة الواحدة دورة كاملة حول محور الحبل نفسه وكما مبين في الشكل رقم (٢٧٩) أو أذا كان هناك (٣) اسلاك مكسورة فاكثر ولكنها كلها تقع في نفس الظفيرة ولنفس الطول المحدد أعلاه فانذاك يجب أن يبدل الحبل باخر جديد .

ب — أذا كان هناك سلك مكسور أو أكثر وقريب جدا من روابط الحبل Fittings وهذا يحدث عادة نتيجة ظاهرة الكلل والتي عادة تتمركز في تلك النقاط فانذاك يجب أن يبدل الحبل بكامله أو تبديل الروابط مع قطع طول من الحبل يقدر من (٦—٨) قدم وذلك لازالة المنطقة المعرضة والمتضررة بظاهرة الكلل Fatigue .

ج — أن أنكسار احد الاسلاك الخارجية للظفائر هو شيء محتمل حدوثه أثناء العمل ولكن عند أيجاد أحد الاسلاك المكسورة في داخل الحبل أو في الاسلاك الداخلية للظفائر فانذاك يجب أن يبدل الحبل لان ذلك يعني أن السلك قد كسر نتيجة ظاهرة الكلل وهذا بدوره يؤدي الى قطع الحبل أذا أستمر أستعماله .

٢ — (سوفان الاسلاك أو قشطها)

أن أسلاك الظفائر ذات مقطع دائري عندما تكون جديدة ولكن مع شدة الاستعمال وطول المدة فان السطح الخارجي للسلك يبدأ بالسوفان وذلك لاحتكاكه بالبكرات أو أسطوانة اللف وغيرها ويأخذ شكلا مسطحا ويزداد ذلك الى أن يصبح السلك كقطعة معدن (شريحة) مستطيلة الشكل ويظهر ذلك بوضوح عند أجراء الفحص الدقيق على الحبال الحديدية لذا يجب تبدل الحبال عند سوفان أو فقدان أكثر من (١/٣) قطر السلك

٣ ــ ضمور قطــر الحبــل

Reduction in rope Diameter

أن أي علامة أو أشارة تدل على ضمور قطـــر الحبل أو صغر سمكة فانها تدل على أن الحبـــل أصبح غير صالح للاستعمال وهناك عوامل عديـدة تؤدي الى هذه الظاهرة منها الاحتكاك الشـــديد للاسلاك الخارجية أو هناك تاكل خارجي أو داخلي للاسلاك أو عدم أرتكاز أو أنتظام الظفائر على مركز الحبل بصورة جيدة وهناك نقطة يجب أن تؤخـذ بنظر الاعتبار وهي عند أستعمال الحبال الجديـدة فأنها تستطيل بنسبة ضئيلة وهذا طبيعي وكذلك قطر الحبل سوف يضمر أو يصغر بنفس النسبة وطبعا تعود هذه الاستطالة البسيطة الى طبيعة المعـادن عندما تسلط عليها قوى خارجية ولكن مع مـــرور الزمن وشدة الاستعمال فان قطر الحبل ســـوف يصغر بنسبة كبيرة وأنذاك يتطلب تبديل الحبل تبعا للحدود المدونــة أدنــاه : ــ

أ ــ للحبال ذات الاقطار الصغيرة والى حـــد (½) أنج فان مقدار الضمور يجب أن لايزيد عـن ٣/٦٤ انـــج

ب ــ للحبال ذات الاقطار المحددة بين ٧/٨ انج و ١ ١/٨ أنـــج يجـب أن لايزيـــد عـن ١/١٦ انـــج .

جـ ــ للحبال ذات الاقطار المحـددة بـــين ١ ١/٤ انج و ١ ١/٢ انـــج يجب أن لايزيـــد عــــن ٣/٣٢ انــــج .

٤ ــ أستطالة الحبال الحديدية

Rope Stretch

أن الاستطالة الشديدة للحبال الحديدية هـــي ظاهرة غير مرغوب فيها أثناء العمل وكما ذكـــرنا سابقا فان الحبال تستطيل في بداية أستعمالها وهذا شيء طبيعي وذلك بفعل شد الاسلاك أثناء التحميل أو شد الظفائر أو أستطالة المركز نفسه لذلك فـــأن الاستطالة المحددة بطول (٦) أنجات لكـــل (١٠٠) قدم طول من الحبال المتكونة من (٦) ظفائر تعـــد مقبولة وكذلك الاستطالة بمقدار (٩الى ١٠) أنجات لكل (١٠٠) قدم للحبال المتكونة من ٨ ظفائر أيضا تعد مقبولة وأذا زادت عن الحدود المذكورة أعلاه حينئذ وجب تبديل الحبل باخر جديد لان الاستطالة غير الطبيعية أو التقلص الشديد في سمكة هي دلالة على أن الحبال بدأت تفقد قوتها ومتانتها واصبحت غير صالحة للاستعمال .

٥ ــ التآكـــــل Corrosion

هذه الظاهرة هي أخطر أنواع الظواهر التـــي تستوجب ملاحظتها بدقة أثناء عمل الحبـــال لان التاكل عادة يبدأ من داخل الحبال أو من الاسلاك الداخلية ومن ثم يظهر على السطح الخارجـــي للاسلاك لذا لايمكن تقدير الاضرار أو نسبة التلف بالنسبة للحبال بصورة مضبوطة وهذا مما يزيـد نسبة خطورة استعمال الحبال المعرضة للتاكل ومن الممكن ملاحظة وجود ظاهرة التاكل فمثلا يلاحـظ تبديل في لون السلك أو وجود تنقر واضح أو ظهور ووجود صدأ شديد وخاصة قرب روابط نهايـــات الحبل لذا يستوجب فحص الحبال بدقة .

٦ ــ التزيــت غــير الوافي

Insufficient Lubrication

يجب التاكد من أن التزيت ملائم وكافي للحبال وعادة يزيت الحبل بواسطة تشبيع المركز بالزيوت

أو الشحوم وذلك لان الحبال أثناء العمل تتعرض لمختلف الظروف ويبدأ المركز بفقدان كثير من الزيوت أو الشحوم نتيجة الاحتكاك وغيرها من العوامل • لذا يجب أن تفحص الاخاديد الموجودة بين الظفائر لان تلك الاخاديد ومن خلال عمل الحبال تمتلا بالاوساخ أو الشحوم ذات الكثافة الثقيلة ولاتسمح بالزيوت أو الدهون بالنفاذ الى داخل الحبل لذا وجب تنظيف وقشط الاوساخ اولا من الحبال ومن ثم تغطى بدهون ساخنة نسبيا لتنفذ الى داخل الحبل ثم يترك الحبل ليبرد وبعدها يعاد استعمال تلك الحبال •

٧ ــ الروابط والمثبتات لنهايات الحبال :

من الامور المهمة التي يجب أن تفحص هي ملحقات الحبال ومن جملتها الروابط لنهايات الحبال لذا يجب أن تفحص تلك الروابط أو النهايات من أي نوع من أنواع السوفان أو الكسر أو الفطور او الاعوجاج وغيرها من العوامل الكثيرة ففي بعض الاحيان [illegible] تربط على الحبال بشكل غير نظامي وغير جيد مما يجعل مقاومتها للانتقال ضعيفة أو يساعد على كسر بعض الاسلاك القريبة من تلك الروابط أو المثبتات مما تضعف من مقاومة ومتانة الحبال وفي حالة وجود أي من الحالات التي ذكرت أعلاه فانه يجب رفع أو تبديل تلك الروابط باخرى جيدة وان تربط بشكل صحيح يؤمن عملية الرفع بصورة سليمة •

٨ ــ سحق أو التصاق الظفائر مع بعضها

Crushed, flattened or jammed Strands

يجب أن تبدل الحبال عند وجود اي ظاهرة من هذه الظواهر والتي ممكن ملاحظتها كسحق أو تهشم الظفائر أو تغير شكل الظفائر من مستديرة الى مسطحة أو التصاق الظفائر مع بعضها بصورة غير صحيحة كل هذه الحالات غير مرغوب فيها وخطرة وممكن حدوثها وخاصة عند لف الحبال على الاسطوانات Drums لعدة طبقات وممكن ملاحظة تلك الحالات على الحبال التي تحتوي على أسلاك كثيرة فمثلا حبال نوع (٣٧×٦) أي متكونة من ستة ظفائر وكل ظفيرة متكونة من ٣٧ سلك وعادة تكون هذه الاسلاك صغيرة القطر وهذه الصفة تزيد من مرونة الحبال ولكنها في نفس الوقت تكون معرضة للسحق أثناء لف الحبال لعدة طبقات لذا يجب أن تستعمل في هذه الحالة حبال ذات اسلاك قليلة وقطر كبير كما في نوع (١٩×٦) وفي نفس الوقت يجب أن يزداد حجم البكرات وكذلك اسطوانات اللف والا تعرض الحبل الى ظاهرة الكلل (fatigue) نتيجة الحني المستمر (bending) ولكن من الممكن تقليل خطورة هذه الظاهرة باستعمال حبال ذات مركز سلكي IWRC حيث أن هذا المركز يساعد ويسند الظفائر أثناء عملها على البكرات وغيرها وممكن حدوث هذه الظاهرة أيضا عندما تنفرد احدى الظفائر عن المجموعة أو تنعزل عنهم ففي هذه الحالة سوف تسلط قوى أكبر على بقية الظفائر وبالتالي فأنها سوف تتعرض للسوفان أو السحق بسرعة •

٩ ــ حالات مختلفة Different Cases

بالاضافة الى الحالات التي ذكرت أعلاه فهناك حالات أخرى يجب أن تلاحظ وهي وضعية المركز

فأن أي كسر أو سحق في المركز يتطلب تبديل الحبل أو أن الحبل قد يصيبه الضرر نتيجة تعرضه للحرارة العالية كمرور تيار كهربائي أو قربه من شعلة نارية أو غيرها مما تؤدي الى تلف الحبل وكذلك عند رفع ثقل أكثر من المقرر ويزال الثقل فجاءة وكرد فعل لهذه العملية فأن الاسلاك والظفائر تنفلت في أتجاهات مختلفة طبعا يجب أن يلاحظ سرعة عمل الحبال لان هذه العملية تزيد من حالة سوفان الحبل وكذلك تزيد من الاحتكاك وفي نفس الوقت يزداد الضغط على البكرات أو أسطوانة الالف وعند فحص الحبال يجب أن تفحص جميع الحبال المتحركة منها أو الثابتة وكذلك القسم الملفوف على الاسطوانة لانه وفي بعض الاحيان يكون الحبل أطول من المقرر فيبقى ملفوف على الاسطوانة لمدة طويلة بدون أستعمال ومن البديهي عند تبديل الحبال باخرى جديدة يجب أن تكون بنفس القطر وبنفس المواصفات ومن المفضل دراسة مشكلة التبديل لكي يتم أختيار حبل ذو مواصفات أخرى مقاومة للظواهر التي سببت تبديل الحبل واخيرا يجب أن تفحص أي نقطة ضعف وحسب تقدير الفاحص الهندسي والمؤثر على متانة الحبال وعملها لكي يزيد من ساعات عمل الحبال ويصبح العمل بها أكثر أطمئنانا .

الاشكال رقم «٢٨٨» و (٢٨٩) و (٢٩٠) تمثل معظم الحالات والظواهر المذكورة أعلاه .

تاسعا ـ معلومات عامة

١ ـ مقاومة الحبال الحديدية للكلال نتيجة الحني المستمر

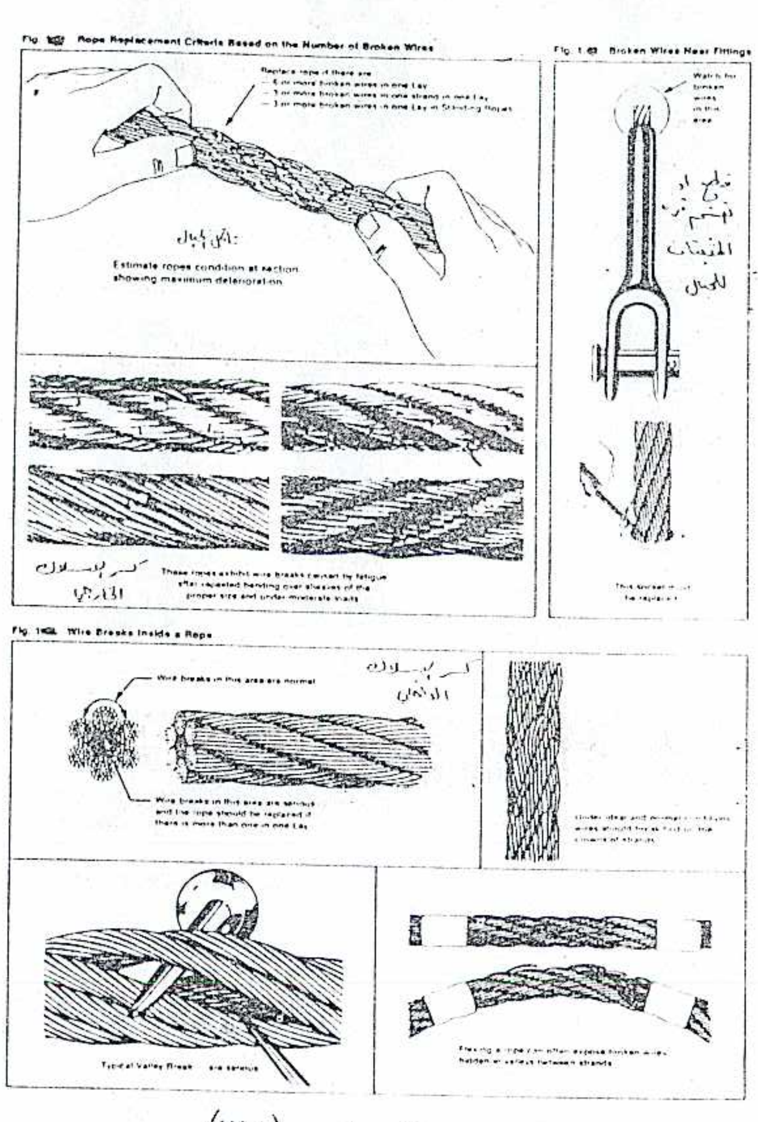
لقد سبق وان تم شرح هذه الظاهرة ومسبباتها وتأثيرها على قوة الحبال الحديدية وهناك بعض العوامل التي تؤثر بصورة مباشرة على هذه الظاهرة واهمها علاقة نسبة قطر الحبل الخارجي أو نسبة قطر السلك الى قطر البكر الداخلي وتعرف هذه النسبة D/d حيث D هو القطر الداخلي للبكرات والمقاس بين نهايتي أخدود البكرة وان d تمثل القطر الخارجي للحبل تتراوح هذه النسبة من (١/٩) الى (١/١٤) (B.S.) وان هذه النسب تعطي قوة تحمل وعمل مقبولة للحبال بالاضافة الى التصميم الاقتصادي للمعدات الاخرى المكملة لعملية الرفع وتنطبق هذه ايضا عندما تكون نسب القطر الداخلي للبكرة الى القطر الخارجي للسلك بحدود (٣٠٠) ولزيادة قوة تحمل الحبال ممكن زيادة النسبة الاخيرة الى (٥٠٠) وبالتالي فأن نسبة D/d ايضا سوف تزداد من (١/١٤) الى (١/٤٠) (B.S.) .

٢ ـ علاقة طريقة تركيب أو لف الظفائر في الحبال بقوتها ومتانتها

Comparison of rope Construction

لقد ذكرنا سابقا حول أنواع الطرق المستعملة في لف الظفائر أو الحبال وتأثيرها على قوة أو متانة الحبال وتحملها للعمل أو مدة أستعمالها وتشاهد في الشكل رقم ٢٩١ ـ أ علاقة طريقة لف الظفائر في الحبال مع متانة أو مدة أستعمال الحبال وعلاقتهما بمعامل الامان ويلاحظ أن هناك زيادة في مدة أستعمال الحبال التي تلف بطريقة (Lang's Lay) وهي الطريقة التي تكون الظفائر ملفوفة في الحبال بنفس الاتجاه التي تلف الاسلاك في الظفائر أما الطريقة الاخرى وهي يكون لف الاسلاك في الظفيرة

بعكس أتجاه لف الظفائر في الحبال أما الشكل رقم (٢٩١ـب) فيمثل تاثير نوع المركز Core على قوة الحبال فمن المعلوم أن هناك نوعان للمركز

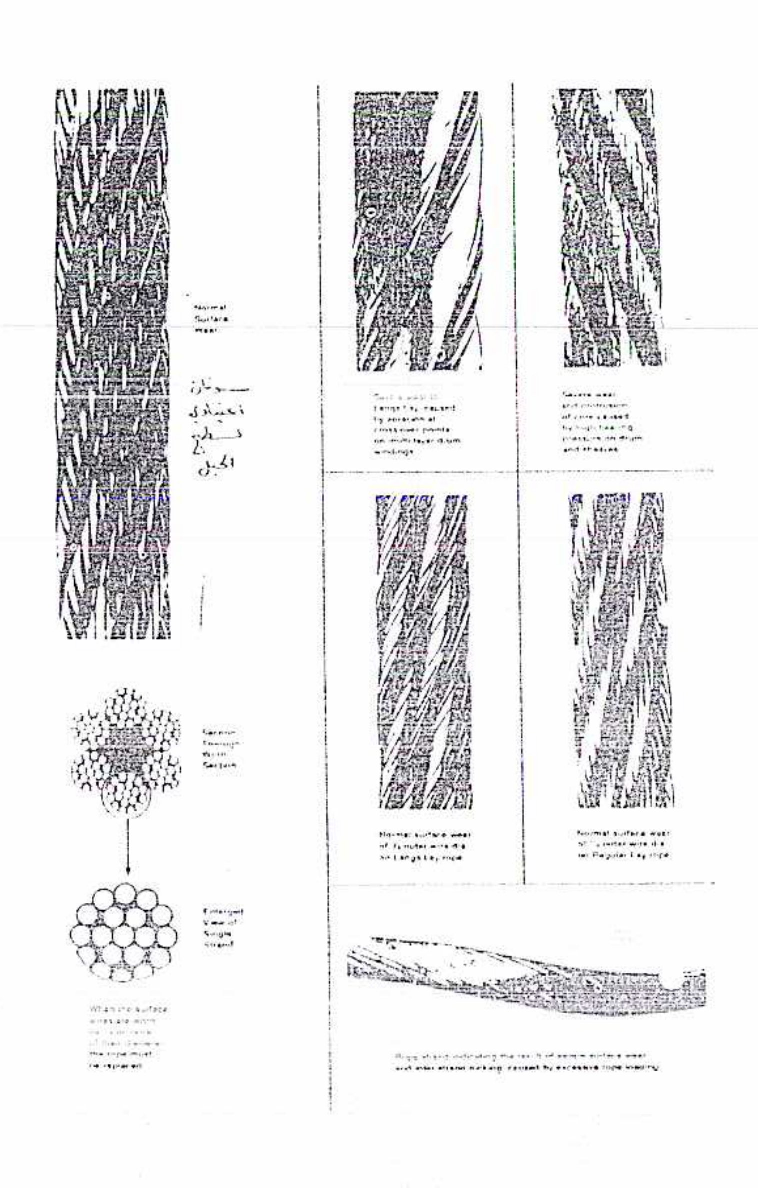


شكل رقم (٢٨٨)

وهما سلكي (IWRC) ونسيجي (Fiber) والشكل يبين بان الحبال ذات المركز السلكي تكون أقوى بنسب قليلة من تلك التي يكون مركزها نسيجي .

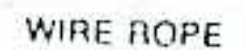
٣ ـ تمدد الحبال الحديدية
Elongation

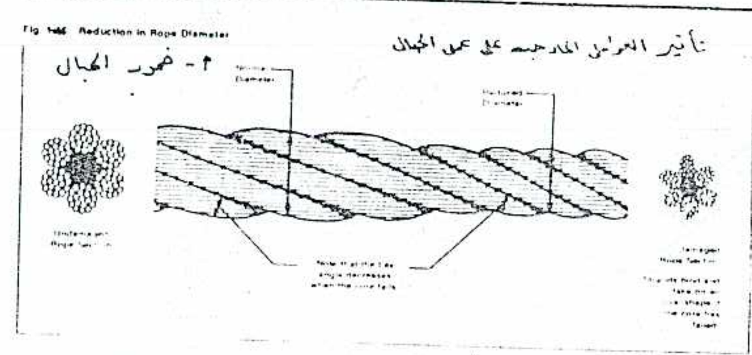
من الطبيعي عند أستعمال الحبال الحديدية أن يحدث فيها تمدد بمقادير معينة وعادة تحسب تلك المقادير وتؤخذ بنظر الاعتبار عند تصميم أي نوع من هذه الحبال ، ويحدث التمدد بسببين أولهما أن يكون التمدد الدائمي والطبيعي للحبال .تحت تأثير

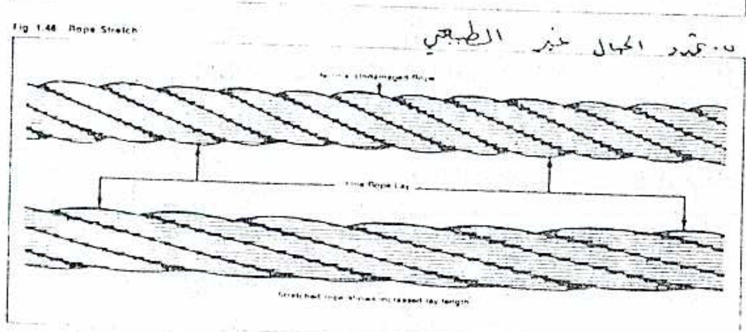


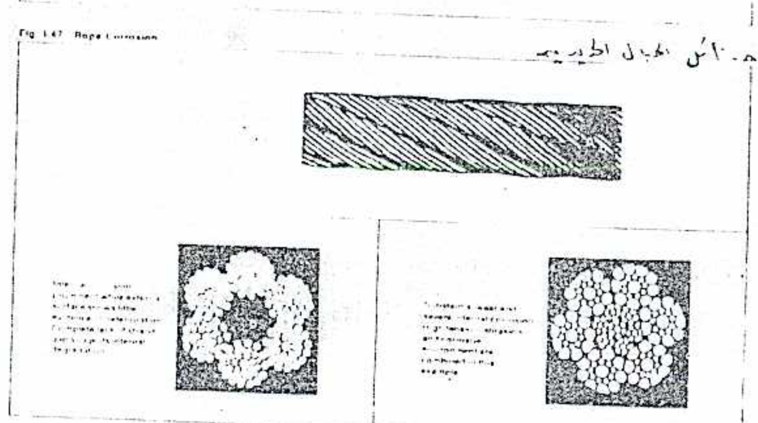
شــكل رقــم (٢٨٩)

وزن الحبال أو وزن الاشياء الاخرى المعلقة بهـــا أو بتأثير طريقة تركيب الحبال ويتم استقرار الحبال عادة على تمدد معين ومعلوم ، أما التمدد الاخـــر فيحدث نتيجة رفع الاثقال بواسطة تلك الحبال ويتم التمدد ضمن مرونة الحبال نفسها بحيث يرجـــع الحبال الى طوله الاصلي عند رفع تلك الاثقـــال وهناك عوامل أخرى تؤثر على تمدد الحبال منهـــا درجة الحرارة وسوفان الحبل نفسه أو عند رفـــع اثقال أكثر من المقرر وأنذاك يخرج عن مرونتـــه الاصلية ويصبح التمدد دائمي Plastic extension وهناك بعض النسب المقبولة في تمدد الحبال وتعتمد





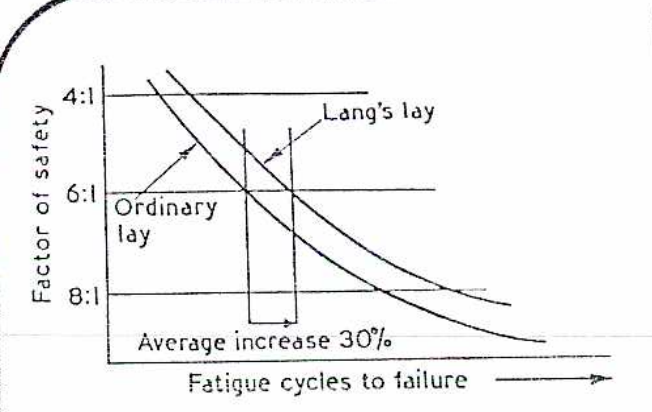




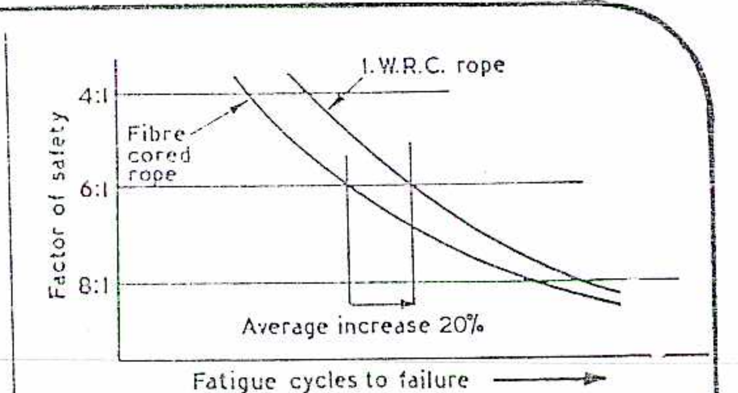
شـــكل رقـــم (٢٩٠)

على الاثقال المرفوعـــة : ـ

نوع الثقل المرفوع	نسبة الزيادة الى طول الحبل
أثقال خفيفـــة Light loaded	٠٫٢٥٪
أثقال طبيعية أو أعتيادية حسب التصميم Normally Loaded	٠٫٥٠٪
أثقال ثقيلـــة Heavily Loaded	١٪



Comparison of 6 × 19 (12/ 6 + 6F /1) ordinary and Langs lay



Comparison of fibre core and I.W.R.C.

شــكل رقــم (٢٩١)

أثقـــال ثقيلة مع انحناءات أو تغير في المســـار ٣٪

Heavily Loaded with many bends on deflections

ومن الممكن حساب التمدد الحاصل ضمن مرونة الحبال نفسها من المعادلة التالية : —

$$\text{Stretch } التمدد = \frac{WL}{AE} \text{ (قدم) أو ملم}$$

حيث أن W هي مقدار الثقل المرفوع (كغم) أو (طـــن) •

وان L هو طول الحبل (قدم) أو (ملم)

وان A هي مساحة مقطع الحبل (أنج مربع) أو (ملم مربـــــع)

وان E هي معامل التمدد Young modulus

وتكون (كغم/ملم^2) أو طن /انج^2 ولسهولة استعمال المعادلة المذكورة أعلاه تستعمل المساحة الكاليـــة للمقطع حيث أن من المعلوم أن مقطع الحبل غـــير متجانس بصورة كاملة لذا تؤخذ المساحة على أعتبار أن المقطع متجانس وبعد قياس قطر الحبل الخارجي•

٤ — تصميم أخاديد البكرات أو أسطوانات اللــــف

تصميم أخاديد البكرات أو أسطوانات اللـــف ضمن أعتبارات معينة قياسية منها : —

أ — أن يكون الاخدود على شكل قوس دائرى وان لايقل طول القوس عن ١٢٠ درجة •

ب — أن يكون نصف قطر الاخدود اكبر بنسبة ٧٪ من نصف قطر الحبل وان لاتقل باي حال عن ٥٪ من نصف القطـــر •

ج — يجب أن يكون عمق الاخدود للبكرات مرة ونصف على الاقل بقدر قطر الحبل وان يكون أملس وبحالة جيدة •

د — أن لاتقل زاوية ميلان حافة البكرات العليا flore of the side عن ٥٢ درجة •

هـ — يجب أن يكون نصف قطر الاخـــــــدود للاسطوانات بقدر نصف قطر الاخدود للبكـــرات ويجب أن يكون عمق الاخدود للاسطوانات لايقل عن ⅓ قطـــر الحبـــل

و — أن الاخاديد المتجاورة في أسطوانات اللف مصممة على أن يكون هناك فراغ بين أخدود واخر أو مجال لكي يسمح لعملية اللف أن تتم بصـــورة مضبوطة وتختلف تلك الفراغات تبعا لقطر الحبل •

١ ــ أن تكون الفتحة بقدر ١/١٦ انــج للحبال ذات قطــر ½ أنــج •

٢ ــ أن تكون الفتحة بقدر ٣/٣٢ أنج للحبــال ذات قطر ½ أنج ــ ١ ⅛ أنج •

٣ ــ أن تكون الفتحة بقدر ١/٨ انج للحبال ذات قطـر ١ ⅛ انج ــ ١ ½ انج •



الفصل الرابع :-

اللحام

اولا ــ خواص المعــــادن

ثانيــا ــ عرض عام لاساليب اللحام

ثالثا ــ اللحام بالقوس الكهربائي

رابعا ــ أسلاك اللحام بالقوس الكهربائي

خامسا ــ ضوابط عملية اللحام بالقوس الكهربائي

سادسا ــ اللحام بالغــاز

سابعا ــ الطرق الحديثة في اللحام

ثامنا ــ اللحام الناجح وكيفية تحقيقه

تاســعا ــ طرق اختبار وصلات اللحام

عاشرا ــ طرق أختبار اللحامين

احد عشر ــ ازالة الجهــــد

Alloy

Copper + Zinc → Brass
Copper + Nickel → Monel
Copper + Tin → Bronze

أولا ــ خواص المعادن

أعداد المهندس ــ علي أحمد مصطفى حماد

المقدمـــــة

تتكون المواد المستخدمة في الصناعات الهندسية غالبا من المواد الصلبة ويمكن تقسيمها الى فرعين رئيســـــين : ــ

(أ) ــ مواد معدنيـــــة :ــ Metal

١ . الحديد ومركباته : ــ كالحديد الزهـــــر Cast Steel والحديد الصلب Carbon Steel والمطـــاوع Mild Steel . (Ferrous)

٢ ــ مواد غير حديدية : ــ كالنحاس الاحمــر والنحاس الاصفر والالمنيوم والقصدير .. الخ (Non Ferrous)

(ب) ــ مواد غــير معدنيـــة Non-Metal

وتشمل كل من المواد الطبيعية والمنتجات الصناعية كالخزف والزجاج والبلاستك

,, خواص المعادن الفيزيائية ،،

تتميز جميع المعادن باي من الخواص الاتية :ــ

* المرونـــة : ــ Elasticity

اذا تعرض جسم لقوة مــا فعند أزالة هذه القوة يعود الجسم الى طبيعتــــه الاصلية ولذلك يتصف بالمرونـــة

* اللدونـــة : ــ Plasticity

لايعود الجسم اللدن الـــى طبيعته بعد أزالة القوة المؤثرة عليه وقد يتحـــول الجسم عند زيادة القوة المؤثرة من حالة المرونـــة الكاملة الى حالة اللدونة فجأة على الاخص بالنسبة للصلب والحديد المطاوع .

ويمكن القول بان هذه المواد لها نقطة أنســياب أو نقطة خضوع Yield point واضحة وتتميز بعض المواد الاخرى كالخشب والخرسان والحديد الزهر بخليط من المرونة واللدونة حتى في حـــالات القوى الصغيرة ولكنها لاتظهر درجة أنسياب كبيرة تحت تاثير القوى المرتفعة كما هو الحال في المواد الاولـــى .

* قابلية الطرق أو السحب والمتانة

Ductillity & Strength

تعتبر قابلية السحب أو الطرق أحدى صـــــور اللدونة وهي الصفة التي تسمح للمعدن بتحمـــل التغيرات الكبيرة مع أستخدام الحرارة أو بدونهـــا وذلك مع أحتفاظ هذه المعادن بجزء كبير من قوتهـــا وهي الصفة الهامة في عمليات صناعية كثيرة منهـــا اللحام وسحب الاسلاك والانابيب وغيرها وتتناسب درجة قابلية سحب أي معدن بنسبة التمدد المئوية والانكماش في مساحة مقطع القطعة تحت الاختبار وتعطى المعادن القابلة للسحب والتي تحتاج لاجهادات ويلـــزم بـــذل مجهـــود كبـــير لكســر المـــواد المتينـــة . ويمكـــن تعريـــف المتانـــة بأنهـــا القدرة على مقاومة الكسر عند تعرض المعدن لصدمة مفاجئة أو لثني او التواء Toughness

* الانســـــياب Melleability

وهي صورة أخرى من صور اللدونة والتـــي تسمح للمعدن بالـ Rolling أو الطرق بسهولة الى صفائح رقيقة . فالرصاص مثلا معدن قابـــل

Cast Iron
Brass
Copper

للانسياب كما أنه قابل للطرق الا أنه غير متين •

* التماســـك Tenacity

هو مقاومة الكسر تحت تاثير قوة شد ويتعـرف على هذه الصفة بقيمة اقصى مقدرة أو طاقة تحمل المعـدن •

* قابليـــة الانصـــهار Fusibility

وهي الصفة التي يتحول بها المعدن الى حالـة السيولة بعد تسخينه الى درجة معينة • هذه الصفة لها أهميتها في عمليات اللحام وسبك المعدن •

* قابليـــة التوصيل الكهربائي :

هي قدرة المعدن على توصيل الكهرباء

* التمـــدد الحراري للمعدن :

ويتحدد بمعامل التمدد الطولي والحجمي للمعدن• ومعامل التمدد الطولي للمعدن هي مقدار الزيـــادة النسبية في طول قضيب من المعدن عند رفع درجـة حرارته درجة واحـــدة • ومعامل التمدد الحجمي هو مقدار الزيادة النسبية في حجم جسم ما مـــن المعدن عند رفع درجة حرارته درجة واحدة ويعتبر المعامل الحجمي للتمدد مساويا ثلاثة أضعاف معامل التمدد الطولي وللمعادن المختلفة معاملات تمـــدد طولية مختلفة • فعلى سبيل المثال يكون معامـــل التمدد الطولي للصلب مساويا ١٢ ••••ر• وهـــذا يعني أن قضيبا من الصلب طوله متر عند تسخينه درجة حرارية واحدة يتمدد بمقدار ١٢•ر• ملم وعند تسخينه مائة درجة يتمدد بمقدار ٢ر١ ملم •

وبمعرفتنا لطول العينة ولدرجة تسخينها فاننا

(مقدار التمدد) = ؟

نستطيع تحديد مقدار التمدد • فمثلا قضيب حديدي طوله ١٢ متر عند تسخينه الى ٤٠ درجة مئويـــة يتمدد بمقدار ١٢•ر×١٢×٤٠=٧٦ر٥ ملم •

ومعامل التمدد الطولـــي للنحاســـ يســـاوي ١٨••••ر• وللالمنيوم ٢٣••••و• وهكذا فالمعادن غير الحديدية تتمدد بالتسخين بنسبة أكبر ويجـــب اخذ هذا بعين الاعتبار عند لحام المعادن •

* دوام الصـــلاحية Durability

يستحسن غالبا وفي اثناء استخدام قطعة منتجة الا تتغير صفات المعادن المكون منها أجزاء القطعة فقد تتعرض هذه الاجزاء لحالات مدمرة مثـــل التاكل الذي يهاجم الصلب والحديد أو مثل نمـــو البكتريا التي تهاجم الاخشاب فتفسدها • ولذلك يجب الاخذ في الاعتبار دوام صلاحية المعادن المختلفة الداخلية في صناعة أجزاء المنتجات •

* قابليــــة الكســـر

يعرف المعدن بانه قابل للكسر Brittle أذا أنهار تحت طرقه أو صدمة مفاجئة ويكون مقطع ا لكسر مستوى وناعم مثل الحديد الزهر .

* الصـــــلادة Hardness

هي مقاومة المعدن للاختراق أو للخدوش بواسطة جســـم أخـــر •

* مقاومة التاكل أو عوامل التعرية

Wear resistance or resistance to corrosion

يعرف المعدن بانه مقاوم للتاكل أذا لم يتعرضـ للانهيار تحت الظروف الجوية والمواد الكيمياويـــة ولفترة طويلة •

مواصـــفات المعــــدن Specification

يجب أن تخضع صفات المعادن الطبيعية منهـــا والميكانيكية لمقاييس أو مواصفات معترف بها ولذلك فمن الضروري أجراء تجارب على عينات المعــادن

الحالة الصلبة — الحالـــة السائلـــة — الحالـــة الغازيـــة

شـــكل رقـــم ٢٩٢

لتعطي نتائج يمكن مقارنتها بهذه المقاييس الثابته حتى يمكن التثبت من صلاحية هذه المعـــادن لاي غرض معـــين .

وعند تحديد الخواص التي يجب أختبارهـــا بالمعدن يجب أعتبار العوامل الاتية :ـ

١ ـ طبيعة أستخدام المعدن والاحتياج الـــى معرفة أقصى اجهادات يمكن أن يتحملها بامان .

٢ ـ الاحتياج الى اجراء بعض أنواع الاختبارات بدون تدمير القطعة تحت الاختبار مثال ذلك أختبار صلاحية وصلة لحام ـ لمعرفة جودة ومتانة وصلة اللحـــام . *Hydrostatic or Pneumatic Test*

٣ ـ دراسة طرق صناعة الاجزاء المطلـــوب أختبارهـــا

مثال : ـ يجب توفر الصفات الاتية في معـــدن الالمنيوم النقي والمستخدم في عمليات الكبس

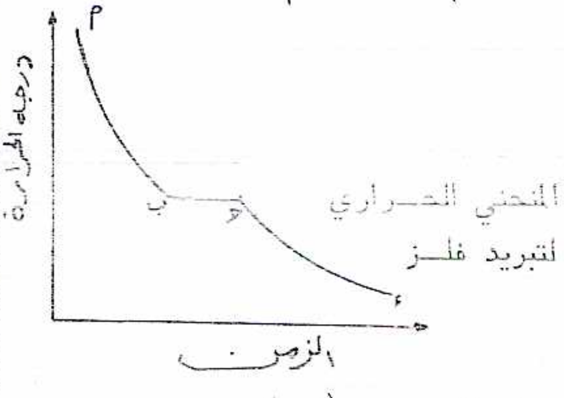
أ ـ بلـــورات دقيقة

ب ـ درجة أستطالة مرتفعة نسبيا

ج ـ أقل تحديد في أتجاه مجاميع البلـــورات grains وتعتبر هذه الصفات أهم من تحديد قوة تحمل المعدن في الشـــد .

ـ ٣ الفلزات في الحالة المنصهرة (السائلة)

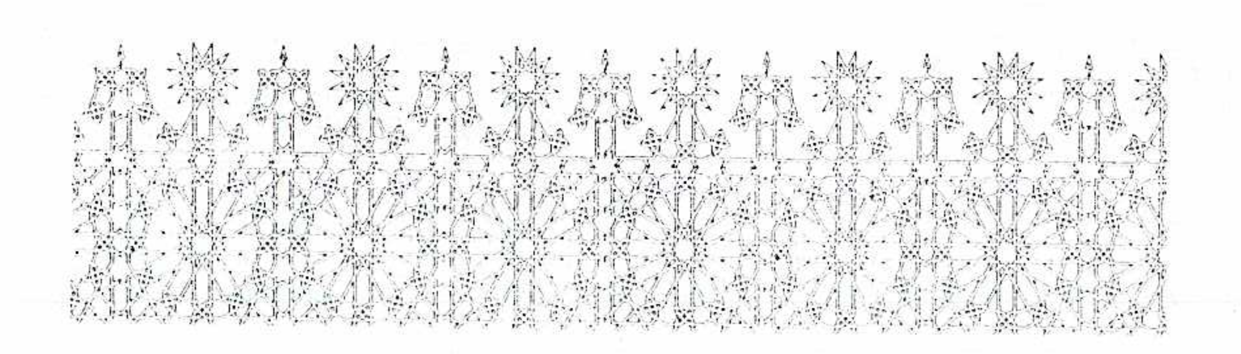
تختلف الفلزات وهي في الحالة الغازية عن الحالة السائلة وعن الحالة الصلبة من حيث طاقة ذراتهـــا (طاقة الحركة) والشكل رقم ٢٩٢ يبين صورة مقارنة



شـــكل رقـــم (٢٩٣)

بين الحالات الثلاث وعند تبريد فلز في حالـــــة السيولة فان الذرات تبدأ تدريجيا في فقدان طاقة حركتها مع أنخفاض تدريجي في درجة الحـــرارة ومن شكل المنحني الحراري لتبريد أو تسخين فلز

نجد أن التبريد في الحالة السائلة يتخذ المنحنى أ ب حيث يصل الى درجة تجمد الفلز حيث تبدأ بـــذور أنباتات من مجموعات من الذرات في أخذ مواضعها بالنسبة لبعضها حسب التركيب الهندسي لخــلايا الفلز ، وباستمرار التبريد تثبت درجة الحــرارة لفترة صغيرة من ب الى جـ وهي الفترة اللازمـــة لتحول السائل الى صلب وهي ماتسمى بالحرارة الكامنة وفي هذه الفترة تنمو فيها الانباتات التـــي بدأت عند النقطة ب ويستمر نمو البلورات حتى تبدأ في الاصطدام بالبلورات المجاورة النامية ، فتتوقف كل منها عن النمو وتتحد بذلك حدودها مع جاراتها من البلورات الاخرى عند أنتهاء التبريد وبذلـــك نصل الى النقطة جـ وبعدها تبدأ درجة الحرارة في الهبوط بالتدريج حتى يصل الفلز الى درجة حرارة الجــو المنحني جـ د .



ثانيا :ـ عرض عام لاساليب اللحام ه

اعـداد المهندس /
علي احمـد مصطفى حمـاد

نشأ اللحام مع النشأه الوليـدة للصـناعة حيث كانت الرغبة دائما في وصل قطعتين من نفس المعدن او من معدنين مختلفين كاسلوب هام مـن اساليب التصنيع ولقد كانت هناك خطوات كبـرى في تقدم فن اللحام منها اكتشاف لحام الحديـد بواسطة النحاس واكتشاف اللهب الاوكسي استيلين واكتشاف القوس الكهربائي واخيرا اكتشاف اشعة ليـزر ٠

ويمكن تقسيم عمليات اللحام تبعا لاعتبـارات كثيرة منها درجة الحرارة ـ الضغط ـ معدن الملئ ٠٠٠ الخ غير أن التقسيم المفضل دائما والذي يقسم أنـواع اللحام الى نوعين أساسيين هما :ـ

أ ـ لحـام الصـهر Fusion Welding

ب ـ لحـام الضـغط Pressure Welding

ويتميز لحام الصهر انه لايحتاج الى ضـغط وفي الغالب يستلزم معدن للملئ ومصدر الحرارة للحام الصهر يكون اما عن طريق القوس الكهربائي مثل لحام القوس الكربوني والقوس المعدني والقوس الغاطس او ان يكون مصدر الحرارة احتراق غازي مثل لحام الاوكسي استيلين أو أن يكون مصـدر الحرارة تفاعل كيميائي في لحام التفاعـل الكيميائي ٠

اما اهم خصائص لحام الضغط هـي عدم استخدم معدن للملئ مع الاستعانة بضغط مناسب لتكوين وصلة اللحام ٠ مثال ذلك لحام النقط ولحام الشريط ولحام البروزات projections ولحام Butt ولحام الشرارة ومصدر الحـرارة في لحام الضغط غالبا مايكون تيار كهربائي ٠

" لحام الصهر Fusion Welding "

١ ـ القوس الكهربائي Arc Welding

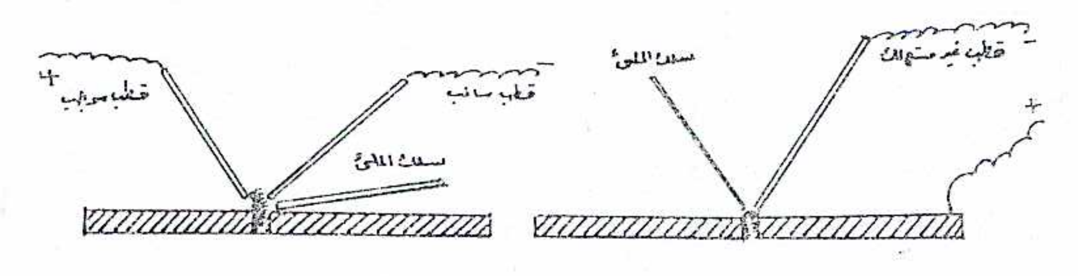
في لحام القوس الكهربائي نستخدم الحرارة المتولدة من التفريغ الكهربائي بين قطبين كهربائيين للوصول بالمعدن لحالة السيولة الكاملة ٠ وفي اغلب طرق اللحام بالقوس الكهربائي تكـون القطعـة المراد لحامها جزء من دائرة كهربائية تسمى دائرة اللحام ويكون مصدر الدائرة لها مولد او محـول كهربائي ، ويوصل قابلو حامل للتيار الكهربائـي بالقطعة المراد لحامها والقابلو الاخر يوصل بماسك الكترود اللحام وعند توصيل الدائرة الكهربائيـة تنطلق شرارة كهربائية ويتخذ القوس الكهربائـي طريقة بين القطعة والالكترود (سلك اللحام) ويتحرك القوس الكهربائي على طول القطعة المراد لحامهـا حيث يعمل على أسالة وتذويب المعدن بـين طرفي القطعة بدوام تقدمه ٠ ولقد اصبح القوس الكهربائي واحد من اعظم المصادر التجارية للحرارة والـذي يستطيع اذابة المعدن مباشرة بمجرد مرور القـوس الكهربائي عليه ٠

Bunging : تطهير
molten pool : حوض المعدن المنصهر

وهناك عدة طرق معروفة لاستعمالات القوس الكهربائي في اللحام • غير ان كل واحدة منها لهـا ميزتها الخاصة ومع ذلك فجميع هذه الطرق تشترك في مشكلة هامة واحدة وهي محاولة عزل وصـلة اللحام عن الجو المحيط بها •

* فمثلا في لحام الصلب نجد ان الصلب المنصهر له قابلية كبيرة لامتصاص الاوكسجين والنتروجين فاذا كان القوس الكهربائي وحوض المعدن المنصهر متعرض للجو المحيط اثناء عملية اللحام فان وصـلة اللحام تلتقط الاوكسجين والنتروجين مكونة اكاسيد ونيتريدات في الوصلة وهذه الشوائب من النيتريدات

قطبين من الكاربون او بين قطب مـن الكربـون والقطعة مكونا حوض من المعدن السائل واذا كانت وصلة اللحام تتطلب معدن للملء فانه يمكـن استعمال سلك من المعدن لهذا الغرض وهو في هذه الحالة لايدخل في الدائرة الكهربائية للقوس ولكنه فقط ينصهر في حوض المعدن وبتأثير درجة حرارة القوس • وهذا النوع من اللحام لايمكن استخدامه في الوضع الرأسي او الوضع العلـوي وتستخدم عدد من المواد لعزل وتغطية القـوس عن الجـو المحيط على هيئة مسحوق او فلكس او عجينـة من مواد كيمياوية لها صفة مختزلة •



شكل رقم ـ٢٩٤ـ

والاكاسيد تجعل وصلة اللحام هشة وضعيفة •

ولكن على العموم اذا استطعنا التغلب علـى عزل وصلة اللحام عن الجو المحيط اثناء عملية اللحام فانه يمكننا الحصول على وصلة جيدة تكون فـي متانة المعدن نفسه او اكثر متانة منه •

* **لحام القوس الكربوني Carbon arc welding**

في هذا النوع يكون الاليكترود عبارة عـن عمود من الكربون ويتكون القوس الكهربائي بـين

ولحام القوس الكربوني يستعمل بصـفة خاصة مع المعدات الاوتوماتيكية •

* ويمكن ايضا استخدام القوس الكربوني في القطع اذا كانت دقة القطع غير هامة او بالنسـبة للوصلة التي لايمكن قطعها بواسطة عمليات القطع بالغـاز •

وفي هذا النوع يمكن استخدام تيار متردد او تيار مستمر حسب ظروف العملية وفي حالـة

AC تيار متردد (متناوب) Alternating Current
DC تيار مستمر Direct Current

استخدام تيار مستمر نجد أن القطب الموجب يتآكل بسرعة اكبر من تآكل القطب السالب نتيجة لكون الحرارة تتكون عند القطب الموجب ، اما في التيار المتردد فان القطبين يتآكلان بنفس المعدل • ومن عيوب القوس الكربوني انه توجد خطورة ازدياد نسبة الكربون في وصلة اللحام •

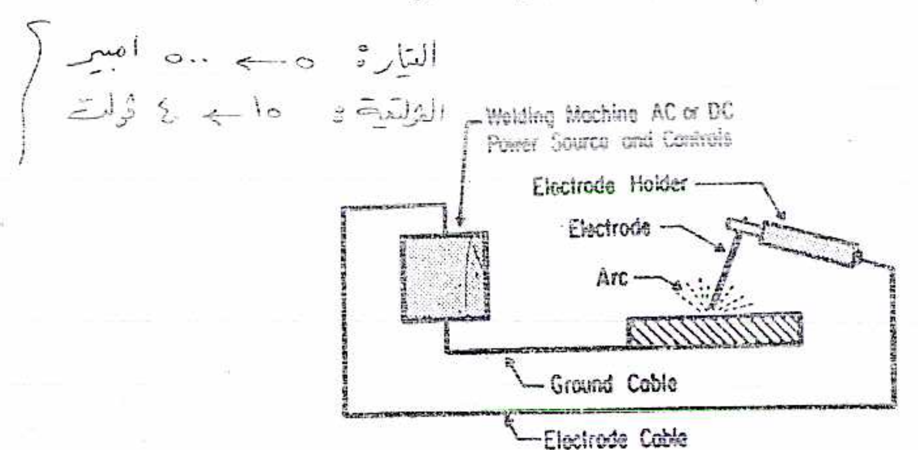
* لحام القوس المعدني Metal Arc Welding

في هذا النوع يكون القوس الكهربائي بين اليكترود معدني مستهلك وبين قطعة العمل وتصل درجة حرارة القوس الى سبعة الاف درجة مئوية فتنصهر كل من معدن القطعة ومعدن الاليكترود وتتكون كرات صغيرة من المعدن المنصهر • وقوة الاندفاع لتيار القوس هذه بين القطب السالب والقطب الموجب هي التي تجعل من لحام القوس المعدني امكانية اللحام في الوضع الرأسي او الوضع العلوي • (overhead position)

ويغطى معدن الاليكترود بواسطة مواد كيماوية تحترق من حرارة القوس حيث تتكون سحب من الغازات تعمل على تغطية القوس وحوض المعدن وتعزله عن الجو المحيط وبهذه الطريقة نمنع المعدن المنصهر من الاتحاد بالاوكسجين والنتروجين • كما بالشكل رقم ٢٩٥ •

ويجب ملاحظة ان يكون القوس الكهربائي قصير لحد ما لتفادي الاكسدة والغازات المضرة، ويجب ايضا الا يكون القوس قصير جدا ويتوقف ذلك على عوامل كثيرة منها نوع القطب وغطاؤه ويتراوح التيار الكهربائي المستخدم في القوس من ٢٠ الى ٥٠٠ امبير او اكثر ويتراوح فرق الجهد من ١٥ الى ٤٠ فولت حسب سمك غطاء القطب •

التيار: ٥ ← ٥٠٠ امبير
الفولتية: ١٥ ← ٤٠ فولت



In arc welding, current flows through the welding electrode, jumps the gap to the workpiece, and then returns to the source. The arc that occurs in the gap creates the heat for melting the metal.

شكل رقم (٢٩٥)

Atmospheric Air : الهواء الجوي { 21% O_2, 78% N_2, 1% --- }

* لحام القوس المعدني الغاطس
Submerged-arc Welding

يستعمل في هذا النوع عامل مساعد على هيئة حبيبات على منطقة اللحام ويضرم القوس الكهربائي بين سلك معدن الملىء وبين معدن القطعة ويقع القوس في هذه الحالة تحت سطح العامل المساعد ولذلك يسمى بالقوس الغاطس وفي الغالب يستعمل هذا النوع مع اللحام الاوتوماتيكي وتتم التغذية بمعدن الملىء وهو عبارة عن لفات من السلك العاري بطريقة اوتوماتيكية ايضا بعد ضبط سرعة اللحام وحسب قطر السلك ويمكن امداد منطقة اللحام بالعامل المساعد بواسطة أنبوب خاص وينصهر العامل المساعد عند حوالي ١٣٠٠ درجة مئوية وياتي قضيب الملىء بجانب هذا الانبوب مباشرة ، وينصهر جزء من العامل المساعد والقريب من القوس مكونا Slag يغطي منطقة اللحام والمنطقة المجاورة لها .

أما الجزء الاخر من العامل المساعد الذي لم ينصهر أثناء عملية اللحام فممكن جمعه بعد أنتهاء عملية اللحام واستخدامه مرة أخرى .

وتمتاز هذه العملية بسرعة اللحام العالية نسبيا وباستخدام تيارات كهربائية عالية ممكن أن تصل الى بضعة الاف أمبير واستخدام أقطاب ذات اقطار كبيرة ولذا نجد أنه من الممكن الحصول على وصلات لحام كبيرة عن طريق المرور بطول اللحام مرة واحدة فقط لتنفيذ الوصلة ، ويمكن لحام الواح يزيد سمكها عن ٣٠ ملم بهذه الطريقة .

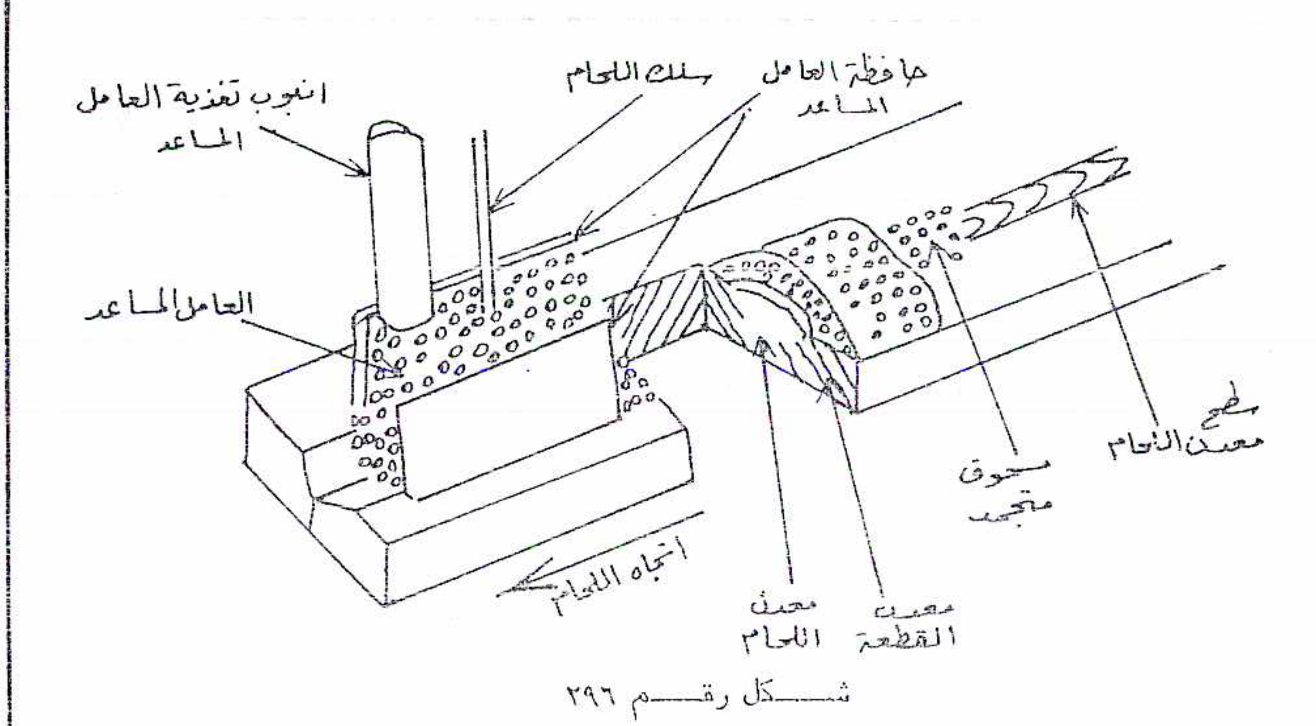
وبهذه الطريقة يمكننا الحصول على وصلات لحام ذات جودة عالية لان العامل المساعد المستخدم يقوم بحماية وصلات اللحام حماية جيدة وكافية .

* لحام القوس الخامل
Inert-gas arc Welding

في هذا النوع من اللحام يضرم القوس الكهربائي بين قطب مناسب ومعدن القطعة وتعزل وصلة اللحام بدفع غاز خامل مثل الارجون أو الهليوم حول القطب المستخدم وفوق وصلة اللحام فيقوم الغاز بحماية معدن اللحام المنصهر في منطقه اللحام من الاحتكاك بالاوكسجين والنتروجين الموجودين في الهواء الخارجي وميزة هذه الغازات أنها خاملة فلا تدخل في اي تفاعل كيميائي أثناء عملية اللحام .

ويمكن أستخدام اقطاب مستهلكة أو غير مستهلكة من الكربون أو التنجستين وفي هذه الحالة يلزم استخدام معدن ملىء ، واستخدام اقطاب مستهلكة أكثر شيوعا في لحام الالواح ذات السمك المتوسط أو الكبير . ويمتاز هذا النوع من اللحام بالسرعة العالية في حالة أستخدام أقطاب غير مستهلكة فيضرم القوس الكهربائي بين قطب مصنوع من الكربون أو التنجستين ومعدن القطعة ويمكن أستخدام أو عدم استخدام معدن ملىء وتستخدم هذه العملية في لحام الالواح الرقيقة في حدود ١-٢ملم ،ويمكن لحام الواح ذات سمك أكبر تصل الى ١٢ ملم او اكثر ولكن في هذه الحالة نجد

Inert gas : { Ar : Argon



شـــكل رقـــم ٢٩٦

أن عمليات اللحام الاخرى اكثر اقتصاداً .

* لحـــام ذرات الهيدروجين

Atomic arc Welding

يتميز هذا النوع من اللحام باستخدام القوس الكهربائي الذي يضرم بين قطبين من التنجستين في جو من الهايدروجين الذي يقوم بحماية وصلة اللحـــام ومنع اتصالها بالهواء الخارجي ويستخدم لهـــذا الغرض مشعل يحمل قطبي التنجستين وبه الفوهة التي يخرج منها الهايدروجين المضغوط . عنـــدما يضرم القوس بين قطبي التنجستين يخـــــرج الهيدروجين المضغوط من فوهة المشعل ويندفـــع خلال القوس الكهربائي الذي يعمل على تكســير جزئياته الى ذرات في حالة نشطة وبعد مرورهـــا خلال القوس فانها تتحد مرة أخرى مكونة جزئيات وينتج عن ذلك الحرارة التي كانت قد فقدت نتيجة تفكك الجزئيات الى ذرات وينتج عـــــن اعادة تكون الجزئيات لهبا من الهيدروجين يحتـــرق في جو من الهيدروجين عند درجة حرارة مرتفعـــة جدا تصل الى ٣٧٦٠ درجة مئوية وذلك في المنطقة التي تقع خارج القوس مباشرة ، ويقوم الهيدروجين بحماية سطح وصلة اللحام وكذلـــك اقطـــــاب التنجستين من الهواء الخارجي وبذلك يمنع تكـــون الاكاسيد المعدنية الضارة وينتج من ذلك وصلة لحام لها خواص شبيهة جدا لخواص معدن القطعة .

ويستخدم هذا النوع للحام الالواح الرقيقة والصفائح من ٢ر٠ الى ٣ ملم وأذا كان سمك القطعة اقل من ١ر٠ ملم لايستخدم معدن ملىء ويفضل في العادة أستخدام معدن ملىء عندما يزيد سمك معدن القطعة عن ذلك .

ويمتاز هذا النوع أيضا بسرعة اللحام العالية والشكل رقم (٢٩٧) يوضح رسما تخطيطيا لشعل اللحام .

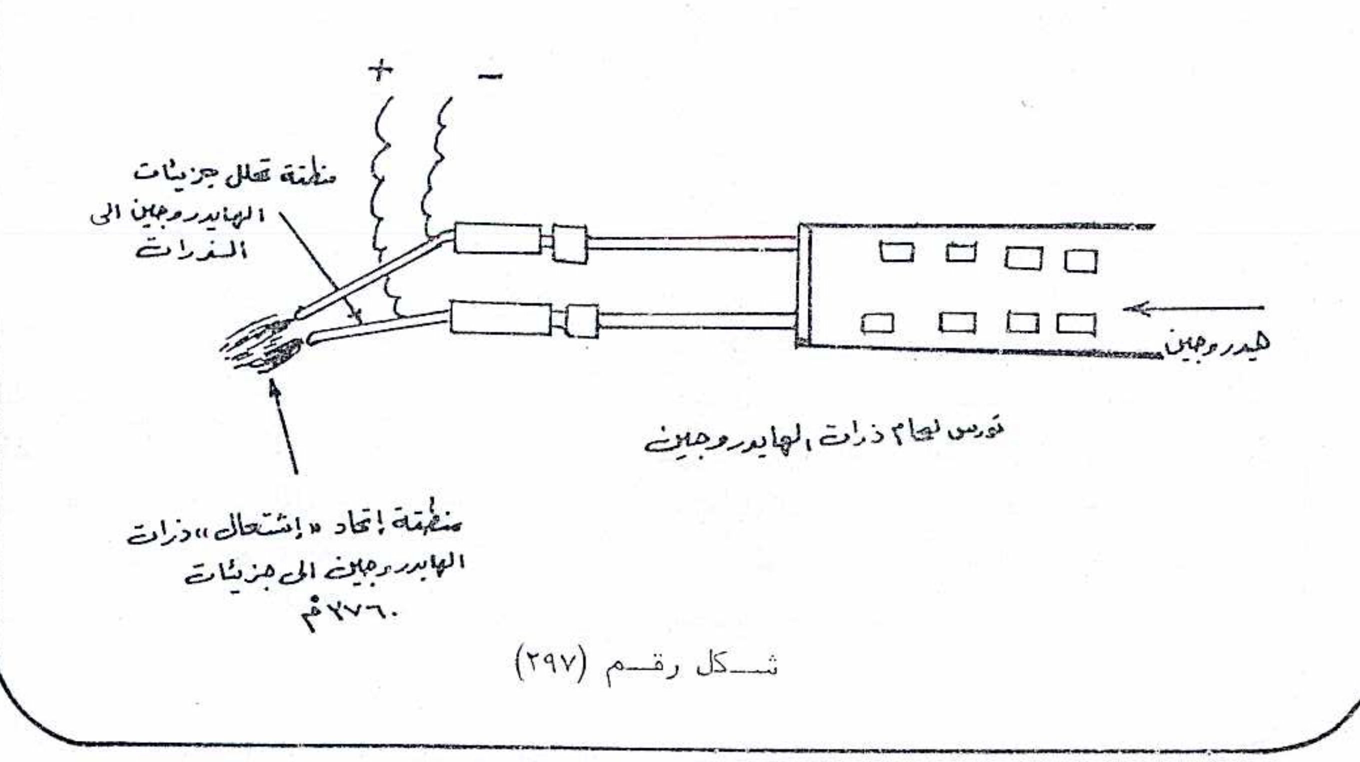
٢ ــ لحام الغاز

" Oxy-Acetylene Welding "

تتولد الحرارة اللازمة لعملية اللحام في لحام الغاز بواسطة لهب ناتج من أحتراق غاز قابل للاحتراق في جو من الاوكسجين النقي ويمكن أستخدام معدن ملىء أو بدونه . ويستخدم في الغالب غاز الاستلين حيث أن أحتراق غاز الاستلين في جو من الاوكسجين يعطي درجات حرارة عالية جدا تصل الى حوالي ٣٠٠٠ درجة مئوية ويتميز غاز الاستلين أيضا بانه غاز مختزل يقوم بحماية المعدن المنصهر لوصلة اللحام من الاوكسجين والنتروجين الموجودين في الهواء ودرجة الحرارة الناشئة من لهب الاستلين هي أعلى درجة حرارة ممكن الحصول عليها من أي نوع من الغازات حتى الان .

ويستخدم لهب الاوكسجين والاستيلين في تسخين أطراف وصلة اللحام وكذلك معدن الملىء ورفع درجة حرارتها الى درجة حرارة الانصهار .

ويستخدم لذلك شعل معين يتصل باسطوانة الاستيلين الذي يصل ضغطه الى ١٤كغم/سم٢ ولمنع انفجار الاستيلين توضع كمية من الاسيتون



شكل رقم (٢٩٧)

C_2H_2 : Acetylene

$$C_2H_2 + O_2 \rightarrow H_2 + 2CO$$
$$CO + H_2 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + Heat$$

في مادة مسامية في الاسطوانة لتمتص الاسـيتون السائل المذاب في الاستلين ، اما غاز الاوكسجين فيمكن تعبئة في أسطوانات تحت ضغطه حوالي ١٢٠كغم/سم² ويمكن التحكم في ضغط غاز الاوكسجين في المشعل والحصول على ضغط ثابت عند خروجهما من فوهة المشعل حوالي ٢/١كغم/سم². وحجم فوهة المشعل تتوقف على سمك المعدن المراد لحامه ولذلك يوجد لكل مشعل مجموعة من الفوهات تختلف في الحجم حسب أختلاف سمك اللحام . (فوهة المشعل الفالة)

ويوجد في لهب الأوكسي استيلين ثلاثة مناطق هي كما يلي : —

المنطقة الاولى

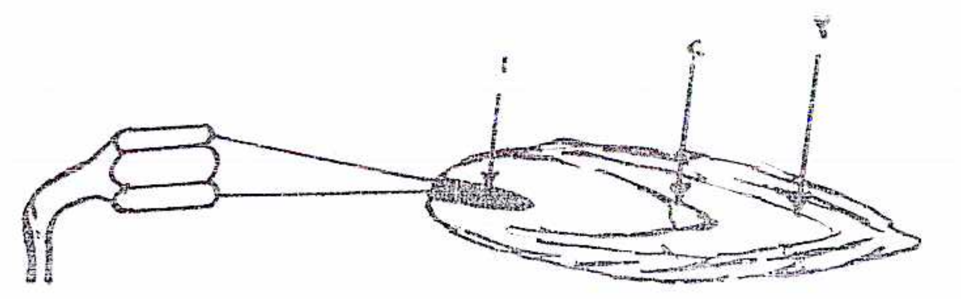
وفيها يحترق الكربون الموجود في الاستيلين مع الاوكسجين مكونا أول اوكسيد الكربون وينتج من ذلك هيدروجين نشط .

المنطقة الثانية : —

تحتوي هذه المنطقة على أول أوكسيد الكربون والهيدروجين والاثنين لهما صفة مختزلة وأذا لامست هذه المنطقة المعدن المراد لحامه أثناء عملية اللحام فسوف تمنعه من الاكسدة بالأوكسجين والنيتروجين الموجودين في الهواء

المنطقة الثالثة

في هذه المنطقة يحترق أول أكسيد الكربون والهيدروجين مع أوكسجين الهواء الخارجي وينتج من ذلك ثاني أوكسيد الكاربون وبخار الماء. وموضح في الشكل (٢٩٨) مناطق اللهب الثلاثة .



شكل رقم ٢٩٨

وممكن التحكم في مناطق لهب المشعل الثلاثة وذلك بالتحكم في نسب مخلوط غازي الأستيلين والأوكسجين فيكون اللهب مختزل أذا كانت نسبة الاستيلين أكبر من نسبتها العادية في مخلوط الغازين .

ويمكن الحصول على لهب مؤكسد أذا كانت نسبة الاوكسجين أكبر من نسبتها العادية في مخلوط الغازين . أما أذا كانت نسبة الغازين عادية فيكون اللهب متعادل .

ولكل نوع من اللهب استخداماته الخاصة حسب ظروف عملية اللحام فنجد مثلا أن اللهب المختزل والمتعادل أكثر الانواع أستخداما .

أما اللهب المؤكسد فيفضل أستخدامه عند لحام النحاس الاصفر .

ثالثـــا : ـ

« اللحـــام بالقوس الكهــربائي »

أعداد المهندس / علي أحمد مصطفى

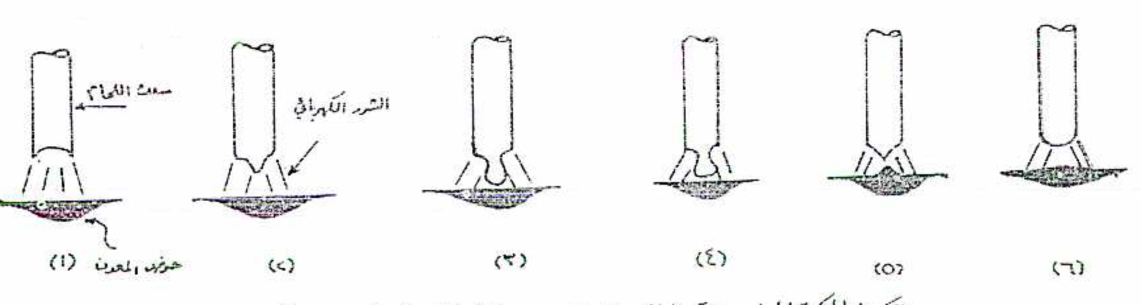
ينطلق القوس الكهربائي أو الشرارة الكهربائية بين قطبين أذا كانت بينهما مسافة قصيرة وســوف نعتبر حاليا التيار المستمر فقط في عملية اللحام • ويكون أحد قطبي الدائرة الكهربائية موصـــــلا بسلك اللحـــام Electrode والقطب الاخـر موصل بقطعة العمل work piece وعلـى أعتبار أن سلك اللحام موصل بالقطب الموجــب positive وقطعة العمل موصلة بالقطب السالب Negative (وسوف نعالج فيمـا بعد الحالات التي ينعكس بها مرور التيـــار أي بتوصيل القطب السالب بسلك الحام) • في البداية يجب لمس قطعة العمل بالقطب الاخر فيتكـــون القوس أو الشرر الكهربائي الذي ينتج عنه تايـن المسافة الصغيرة بين قطعة العمل وسلك اللحـــام وعند ذلك يكون في الامكان مرور التيار الكهربائي بين القطب وقطعة العمل حتى ولو زادت مسافـة القوس الكهربائي لحد ما وذلك عن طريق المسافة المتاينه • وبدون لمس القطبين في البداية لايمكـن الحصول على هذه النتيجة وبتكون القوســـــ الكهربائي تتولد الالكترونات التي تسرى بمعـدل عالي من القطب الموجب الى القطب السالب فـي هذه الحالة تتحول الطاقة الكهربائية المارة بالدائرة الى حرارة وضوء وتقريبا تكون ثلثي الحـــرارة المتكونة من القوس قريبة من القطب الموجب وتصل درجة حرارة القوســ حـــوالي ٣٥٠٠ الـــى ٤٠٠٠°م في حين يكون الثلث الباقي من الحـرارة المتكونة قريبة من القطب السالب وكنتيجة لذلك فان سلك اللحام ينصهر بدرجة حوالي ٥٠٪ أكثر مما لو كان السلك موصل بالقطب السالب • لذلك فاننا في العادة نصل سلك اللحام بالقطب الســالـب في حالة سلك اللحام العاري أو المغطى بطبقة رقيقـة في حين أن السلك المغطى بطبقة كثيفة من غطـــاء السلك Coating فاننا نصل السلك بالقطب الموجب • وأذا زاد قطر سلك اللحام فانه يلـزم لصهره كمية حرارة أكبر ولذا فان من الواجـــب زيادة شدة التيار للدائرة الكهربائية وتتراوح شدة التيار اللازمة للحام بين ٢٠ الى ٦٠٠ أمبير •

وعن اللحام بواسطة تيار متغير فان الحـرارة المتكونة تكون بنسب متساوية في السلك وقطعـة العمل ويتبادل أتجاه التيار بينهما بنفس تـــردد المصدر الكهربائي •

بالنسبة لجهد التيار أو الفولتية اللازمة لتوليد القوس الكهربائي تكون في حدود ٥٠ الى ٥٥ فولت في التيار المستمر وفي حدود ٨٠ الى ٩٠ فولت في التيار المتردد • ويكون الانخفاض في الفولتيـــة خلال القوس من ١٥ الى ٢٠ فولت عند أستعمال سلك عاري أو سلك معطى بطبقة رقيقة ويكـون القوس في هذه الحالة قصير لحد ما • بالنســـبة لسلك اللحام المغطى بطبقة متوسطة يكون القوس أطول ويكون الانخفاض في الفولتية بين ٢٠ الـى

globule = glōb'ūl كرة صغيرة
Molten Pool = حوض المعدن المنصهر

٢٥ فولت في حين يحتاج سلك اللحام المغطى بطبقة كثيفة الى حوالي ٤٠ فولت — ونسبة الفولتية المفقودة في القوس هي التي تحدد نسبة الاختراق penetration لوصلة اللحام Weldment وكذلك شكل خط اللحام Bead وعندما يضرم القوس بين سلك اللحام وقطعة العمل فان الحرارة المولدة من القوس تصهر المعدن بسرعة ويتكون حوض من المعدن المنصهر pool في قطعة العمل ويتناقص سريعا سلك اللحام منتقلا الى قطعة العمل ٠ وانتقال المعدن من سلك اللحام الى قطعة العمل يتم في الحالتين سواء كان سلك اللحام موصل بالقطب الموجب أو السالب أو أن يكون القطبين متبادلي الاتجاه في التيار كما في حالة اللحام بالتيار المتردد ٠ كما أن ذلك يتم أيضا في عكس أتجاه الجاذبية الارضية كما في حالة اللحام over head حيث يلعب الشد السطحي surface tension دورا هاما ، وفي هذه الحالة يجب أن يكون قوس اللحام قصير جدا حتى تنجح طريقة اللحام over head والقوى التي تقوم بنقل المعدن من السلك الى قطعة العمل في هذه الحالة مرتبطة بالمجال المغناطيسي المتكون من مرور التيار وكذا من تدافع الايونات خلال القوس ويتم أنتقال المعدن على شكل كرات Globules والتي ليس لها حرية الحركة حيث تلتصق أخيرا بقطعة العمل بواسطة ظاهرة الجذب المغناطيسي وأذا لاحظنا القوس الكهربائي عن قرب أو بطريقة أحسن بواسطة التصوير السينمائي والعرض بالسرعة البطيئة لوجدنا أن المعدن ينتقل من السلك الى قطعة العمل على هيئة كرات Globules يكون حجمها صغيرا أو كبير حسب شدة التيار وكذا نوع السلك أذا كان عاري أو مغطى ويكون أنتقال الكرات الكبيرة بمعدل ابطأ مما لو كانت هذه الكرات صغيرة ويتم الانتقال كما ذكرنا سابقا في كلا الحالتين سواء كان التيار متردد أو مستمر بنفس الصورة وبعض أنواع السلك ينتقل منها المعدن بطريقة الرش Spray أي تكون الكرات المنتقلة صغيرة جدا وبسرعة عالية ويتم تكون رأس الكرة عند طرف السلك وتكبر الكرة الى حد معين ثم يتكون لها رقبة وتبدأ الرقبة في الاختناق تدريجيا الى أن تنفصل الكرة وتقذف الى حوض المعدن كما في الشكل رقم (٢٩٩) ٠



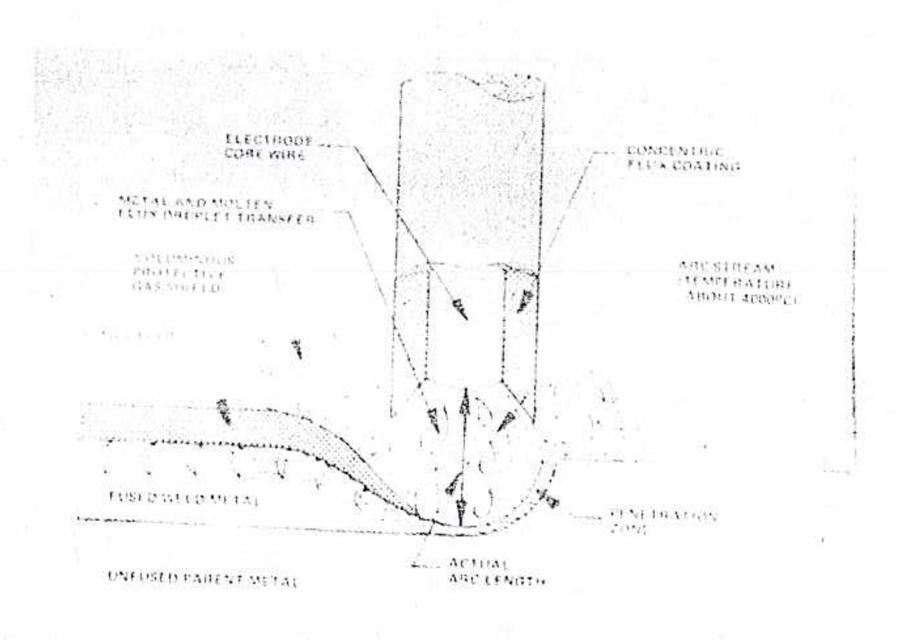
تكون الكرة المنصهرة وانفصالها عن سلك اللحام في عملية اللحام

شكل رقم —٢٩٩—

ويمكن تصور هذه العملية عند تساقط قطرات الماء في الحنفية أما الطرق الاخرى والتي يتم أنتقال المعدن فيها بطريقة الرش Spray أو الغطس dip فسوف نعالجها عند الكلام عن طريقة اللحام بواسطة الغازات الخاملة Metal Inert gas

وعند أستعمال سلك عاري فاننا نجد صعوبة في التحكم في القوس ونرى أن تدفق القوس غير منتظم ومتذبذب يمينا ويسارا فوق حوض المعدن كما أن الكرات المنصهرة لاتكون محكمة التدفق بل تتدافع بدون نظام خارجة ومحتكة بالجو الخارجي اثناء انتقالها من السلك الى حوض المعدن • الامر الذي يجعلها تكتسب أوكسجين ونتروجين من الجو الخارجي حتى ولو كان القوس قصير للغاية وتكون النتيجة وصلة لحام ضعيفة وهشة وبها كثيرة من الفقاعات Porous and Brittle

ويمكننا التغلب ببساطة على التحكم في القوس وكذلك على الاقلال الى الحد الادنى من امتصاص المعدن المنصهر للغازات الموجودة في الجو الخارجي وذلك بعزل القوس عن الجو المحيط وهذا يتم بتغطية سلك اللحام بواسطة مواد مختلفة (سوف تناقش فيما بعد بالتفصيل) تكون قادرة على امدادنا بغازات خاملة تغطى القوس وتعزله عن الجو المحيط وليس في مقدرتها الاتحاد بالمعدن • كما ان المادة المغطاة لسلك اللحام تنصهر في درجة حرارة اعلى من سلك اللحام نفسه الامر الذي يجعل مادة الغطاة تتأخر قليلا في الانتقال الى وصلة اللحام مما يجعل القوس اكثر ثباتا واسهل في التحكم كما في (الشكل رقم ٣٠٠) •



شكل رقم ـــ٣٠٠ـــ

واضح ايضا بالشكل كيـــف ان الغازات المتصاعدة من مادة الغطاء بالسلك تعزل القـــوس عن الجو المحيط وتجعل القوس اكثر ثباتا • فـــي حين انه عند استخدام سلك عاري (بدون غطاء) وهو ماكان مستعمل في بداية اكتشاف اللحـــام بالقوس الكهربائي نجد ان كمية كبيرة من المعدن تفقد على شكل رذاذ متطاير وابخرة كما ان نتروجين الهواء يختلط بالوصلة ويجعلها هشة Brittle وضعيفة • وهذا ما جعلنا نستخدم الاســـلاك المغطـــاة •

انحياز القوس (النفخ) Arc Blow

في حالة اللحام بالقوس الكهربائي باستعمال التيار الثابت D.C. قد يلاحـــظ اللحـــــــام انحياز القوس لجهة معينة • هذه الظاهرة ناتجـــة عن تداخل القوى المغناطيسية لقوس اللحام مـــع قوى مغناطيسية اخرى قد تكون قطعة العمـــل نفسها او قابلو كهربائي مار قريبا من منطقـــة اللحام • وغالبا ما نلاحظ هذه الظاهرة اذا كانـــت شدة التيار المستخدمة في عملية اللحام اكثر مـــن ٢٠٠ امبير او اقل من ٤٠ امبير •

وهناك بعض القواعد التي يمكن استعمالها للتقليل من هذه الظاهرة وهي :ـــ

١ ـــ ان يكون القوس بعيدا عن القابلـــو الارضـــي Earth .

٢ ـــ يغير وضع القابلو الارضي. عن مكانه بالنسبة لقطعة العمل •

٣ ـــ يمكن لف قابلو اللحام عدة لفات علـــى قطعة العمل اذا كان هذا في الامكان •

٤ ـــ يغير وضع قطعة العمل اذا كانت عملية اللحام فوق منضدة حديدية •

في كثير من الاحيان يمكن التغلب على ظاهرة انحياز القوس بواسطة القواعد التي ذكرناهـــا فيما سبق الا أنه قد يحدث احيانا متاعب من انحياز القوس والتي لايمكن التغلب علي ببساطة وخاصة عند اللحام بواسطة قطب التنجستن (لحـــام الاركون) TIG واللحام بواسطة الغاز الخامل CO_2 ويعتبر اللحام بالتيار المتردد في مثل هذه الحالات اكثر نجاحا حيث تختفي هذه الظاهرة نتيجة تغير اتجاه المجال المغناطيسي بنفس تردد التيـــار •

التطاشـــر Spatter

كما وضحنا من قبل فان عملية اللحام تتـــم بانفصال كريات من المعدن المنصهر من سلك اللحام الى معدن قطعة العمل • واحيانا نلاحظ اثناء عملية اللحام ان قسم من المادة المنصهرة تتطاير علـــى هيئة رذاذ خارجة من مجال القوس وتترامى علـــى جانبي خط اللحام • وهذا يســمى بالتطاشـــر Spatter ومن اهم اسبابه مايلي :ـــ

١ ـــ انحياز القوس الكهربائي مما يجعـــل القوس وانتقال المعدن غير محكم كما سبق شرحه •

٢ ـــ جعل طول القوس اكبر من اللازم او ان جهد القوس كبير

٣ ـــ استعمال تيار عالي زائد عن الحاجة •

رابعا :ـ " اسلاك اللحام بالقوس الكهربائي "

اعداد المهندس /

علـي احمـد مصـطفى

العوامل المحددة لاختيار سلك اللحام :ـ

ان عملية اختيار نوع سلك اللحام لعمليـة معينة هي في الحقيقة عملية صعبة تتطلـب خبرة عالية حيث يجب الاخذ بالاعتبار مايلي :ـ

١ ـ نوع المعدن المراد لحامه فمثلا بالنسبة للصلب Steel هل هو صلب واطيء الكربون اقل من ٣ر٠٪ او متوسط الكربون من ٣ر٠٪ الـى ٤٥و٠٪ او عالي الكربون اكثـر من ٤٥ر٠٪ او ان يكون صلب سبائكي Alloy Steel .

٢ ـ حالة المعدن المراد لحامه (به صدأ او زيوت او مكلفن او خالي من القشور) .

٣ ـ الخواص الميكانيكية لمعدن قطعة العمل والخصائص المطلوبة لوصلة اللحام .

٤ ـ نوع الاختبار Test : والـذي سيجري على وصلة اللحام (بالعـين المجردة ـ باشعة اكس ـ بالاشعة فوق الصوتية ـ الكشف المغناطيسي ـ اختبارات ميكانيكية) .

٥ ـ وضع اللحـام : Flat افقـي Horizontal ـ رأسي Vertical ـ فوقي over head .

٦ ـ نوع تحضير وصلة اللحام ، تقابلـي Butt-joint ، حـرف V ـ V-Joint حرف X ـ X-Joint ، حرف J J-Joint ركني Fillet ـ edge joint .

٧ ـ نوع معدات اللحام . تيار متقطـع A.C. او تيار ثابت D.C. .

٨ ـ خصائص التشغيل المطلوبة ، سـطح نظيف Excellent surface finish ، سرعة عاليـة لعملية اللحام high welding speed ، اختـراق عالي لمعدن اللحام deep penetration ، سـهولة ازالة الخبـث easy slag removal .

٩ ـ الناحية الاقتصادية ووزن المعـدن deposit metal اوزن سلك اللحام .

خصائص مادة الغطاء لسلك اللحام :ـ

ان خصائص مادة الغطاء لسلك اللحام كثـيرة ومتنوعة وتعتبر سر من اسرار الصناعة لصـانعي اسلاك اللحام ومجال تنافسهم غير انه يمكننا حصـر الاغراض المطلوبة في اعطاء سلك اللحام كما يلي :ـ

١ ـ امكان انطلاق القوس الكهربائي بسهولة وجعله مستقرا ومتصل .

٢ ـ تساعد على جعل جهد القوس مناسـب وعملية الصهر سريعة وحصول اختراق عالـي للمعـدن deep penetration .

٣ ـ تجعل عملية اللحام سهلة ليس فقط في اللحام الافقي flat weld ولكن ايضا فـي اللحـام الافقـي علـى مسـتوى رأس Horizontal weld واللحام فـوق الرأس over head غير ان صلاحية مادة الغطاء لهذه الاوضاع قد تكون محكومة بالخصائص الاحتكاريـة للشركات المنتجة .

٤ — لتغطية وصلة اللحام ومنع المعدن المنصهر من الاختلاط والتفاعل مع غازي الاوكسجين والنتروجين الموجودين بالهواء الجوي وتحسين الخواص الميكانيكية لوصلة اللحام ••

٥ — لتنقية وصلة اللحام من الاوكسجين •

٦ — تبطىء من عملية تجميد المعدن المنصهر وكذا معدل التبريد لوصلة اللحام ••

٧ — تخدم في اضافة بعض المواد والعناصر لوصلة اللحام لتعطى خصائص ميكانيكية مطلوبة •

٨ — تجعل من السهل ازالة خبث اللحام من فوق خط اللحام وتعطى خط متموج وناعم •

تصنيف اسلاك اللحام

تصنف انواع اسلاك اللحام حسب نوع المعدن المراد لحامه ونوع وصلة اللحام وطريقة اللحام ونوع التيار وكذا عدة اعتبارات اخرى تبعا لاي من النظم التالية :—

الجمعية الامريكية للحام
A.W.S. (American Welding Society)

الجمعية الامريكية لاختبارات المعادن A.S.T.M.
(American Society of Testing of Material)

المواصفات البريطانية B.S.

المواصفات العالمية I.S.O.

المواصفات الالمانية DIN

المواصفات اليابانية JIS

المواصفات الروسية GOST

وسوف توضح فيما يلي اهم هذه المواصفات بالنسبة لاسلاك اللحام وهي المواصفات ASTM كما سنعطي المقابل لهذه المواصفات بالنسبة للمواصفات المذكورة الاخرى •

أ — التصنيف حسب المواصفات A.S.T.M.

يعرف نوع السلك في هذه المواصفات برقم يبدأ بحرف E ثم يتبعه اربعة ارقام •

E = يدل على اللحام الكهربائي Electric Welding الرقمين الاول والثاني من اليسار يدل على متانة معدن السلك رطل / بوصة مربعة • الرقم الثالث من اليسار — يدل على وضع اللحام المناسب للسلك • الرقم الرابع = يدل على مصدر القوس الكهربائي وجودة الوصلة ونوع القوس ومقدار الاختراق penetration وبالنسبة للرقم الثالث من اليسار فانه يدل على مايلي :—

1 — يعني ان السلك يصلح لجميع اوضاع اللحام •

2 — يعني ان السلك يصلح للوضع الافقي (فلات Flat) "F" والوضع الافقي على مستوى رأس "H" (Horizontal) •

3 — يعني ان السلك يصلح للوضع الافقي فقط "F" Flat •

اما الرقم الرابع فيمكن التعرف على دلالته من الجدول الاتي :—

الرقم الرابع	0	1	2	3
المصدر الكهربائي	يترك تحديده للصانع	متردد او ثابت D.C.R.P. متردد	AC او DC	AC او DC
نوع القوس	حافر Digging	حافر	متوسط	ناعم
التداخل	عميق deep	عميق	متوسط	خفيف
الجودة	عالي high	عالي	عالي	ناعم

ملاحظة .R.P الاقطاب معكوسة reverse polarity

اي السلك متصل مما سبق يمكننا الان التعرف على سلك اللحام من رقم مواصفه .A.S.T.M وكمثال ناخذ سلك اللحام رقم E6010 ونتعرف على خصائصه •

متانة السلك = ٦٠٠٠٠ رطل / بوصة مربعة 60

السلك يصلح لجميع اوضاع اللحام 1

يعمل بنجاح عندما تكون الاقطاب معكوسة في حالة التيار الثابت •

ب ــ التصنيف حسب مواصفات .B.S المواصفات البريطانية

من هذا التصنيف يعرف السلك بحرف يتبعه ثلاثة ارقام وفي بعض الحالات يتبع الارقام حرف اخر مثال E439P وهنا الحرف الاخير P يدل على الاختراق penetration اي ان السلك له خاصية الاختراق العميق deep penetration •

الحرف الاول

اما ان يكون حرف E او R او D

E = يعني ان غطاء السلك مصنوع بطريقة البثق Extruded

R = يعني ان غطاء السلك مصنوع بطريقة البثق مع اضافة مادة ماسكة Reinforcement•

D = يعني ان غطاء السلك مصنوع بطريقة الغطس Dipped •

الرقم الاول من اليسار :ــ

يدل هذا الرقم على نوع مادة الغطاء للسلك كما يلي :ــ

1 المادة ذات نسبة سايلوز عالية •

2 ــ المادة الرئيسية من اوكسيد التيتانيوم وتعطي خبث ذو لزوجة عالية •

3 ــ المادة الرئيسية من اوكسيد التيتانيوم وتعطي خبث ذو سيولة •

4 ــ المادة الرئيسية من الحديد واوكسيد المغنيسيوم والسايكا وتعطي خبث اسفنجي •

5 ــ المادة الرئيسية من اوكسيد الحديد والسليكا وتعطي خبث متحجر •

6 ــ المادة الرئيسية من كربونات الكالسيوم والفلوريدات •

9 — اي نوع اخر من الغطاء .

الرقم الثاني من اليسار

وهذا الرقم يدل على وضع اللحام المناسب لنوع السلك اذا كان "F" « فلات افقي » ،

افقي على مستوى رأس	Horizontal "H"
رأس الى أعلى	Vertical "V"
رأس الى اسفل	Vertical down "D"
فـوق الرأس	Overhead "O"

كما يلـي :—

0 — السلك مناسب لكل الاوضاع F.H.V.D.O.

1 — السلك مناسب فقط لـ F.H.V.O.

2 — السلك مناسب فقط لـ F.H.

3 — السلك مناسب فقط لـ F

4 — السلك مناسب فقط F. Hf Fillet weld only الافقي على مستوى الراس الركني فقط

9 — اوضاع لحيم خاصة غير السابق ذكرهـا .

الرقم الثالث

الرقم الثالث يدل على نوع التيار المستعمل كما يلـي :—

0 — D + يستعمل فقط في التيار الثابت DC والسلك متصل بالقطب الموجب .

1 — D+490 يستعمل في التيار الثابت والسلك متصّل بالقطب الموجب او التيار المتردد A.C. على ان تكون فولتية الدائـرة المفتوحة في حدود ٩٠ فولت .

2 — D−A90 يستعمل في حاله التيار الثابت والسلك متصل بالقطب السالب وفي حالة التيار المتردد تكون فولتية الدائرة المفتوحة في حدود ٧٠ فولت .

3 — D—A 50

4 — D+A70

5 — D±490 يستعمل في التيار الثابت والسلك يتصل بأي من القطبين السالب او الموجب ويستعمل في حالة التيار المتردد وتكون فولتية الدائرة المفتوحة في حدود ٩٠ فولت .

6 — D±A70

7 — D±A50

9 — مختلف عما ذكر فيما سبق .

الحرف الاخير

بالنسبة للاسلاك ذات الخصائص المعينة يذكر لها حرف بعد الارقام ويدل على مايلي :—

P ـ ذات اختراق عميق

H ـ سلك ذو تحكم في نسبة الهيدروجين

J ـ غطاء السلك به بدره حديد تجعل نسبة المعدن المنقولة من السلك الى قطعة العمل من ١١٠ الى ١٣٠٪

K ـ غطاء السلك مسحوق حديد يجعل نسبة المعدن المنقول من السلك الى قطعة العمل أكثر من ١٣٠٪

ملاحظة :— تعرف نسبة انتقال معدن السلك الى قطعة العمـل Recovery بالاتي : —

Deposition efficiency = $\frac{\text{Weight of weld metal}}{\text{Weight of electrode Used}}$

Recovery

$$\text{نسبة الانتقال ٪} = \frac{\text{وزن المعدن المنتقل من السلك}}{\text{وزن معدن كمية السلك المحترق}} \times ١٠٠ \text{ بين ٧٥ الى ٩٥٪}$$

Recovery بعض الامثلة لاسلاك اللحام المستعملة في وهذه النسبة في الحالات الاعتياديه تتــراوح اللحام الصلب :ــ

رقم ASTM	نوع الغطاء	وضع اللحام	نوع التيــار
E6010	عالي السليلوز صوديومي	F.V.O.H.O.	تيار ثابت .D.C الاقطاب معكوسه .R.P (سلك اللحام متصل بالقطــب الموجب)
E6011	عالي السليلوز بوتاسيومي	F.V.D.O.H.	متردد .A.C او ثابت .D.C (R.P)
E6013	عالي التيتانيوم والبوتاسيوم	F.V.D.O.H.	متردد .A.C أو .D.C الاقطاب مستقيمة (S.P.) Straight polarity السـلك بالقطب السالب)
E6015	واطىء الهيدروجين صوديومي	F.V.D.O.H.	للاستعمال التيار الثابت D.C (S.P) فقط
E6016	واطىء الهيدروجين بوتاسيومي	F.V.D.O.H.	متردد او ثابت
E6020	ذو نسبة عالية من اوكسيد الحديد	Hf.F	للاستعمال .S.P) D.C) او .A.C في Hf weld اما في حالة F فأن التيــار A.C او (S.P. or R.P.)D.C.
E6024	مسحوق الحديد مع التيتانيوم	Hf F	A.C. او (S.P. or R.P.)D.C.
E6027	مسحوق حديد اوكسيد حديد	Hf.F	A.C. او (S.P.) D.C. في حالة Hf A.C او (S.P. or R.P.) D.C.
E 6030	ذو نسبة عالية من اوكسيد الحديد		A.C. او (S.P. or R.P.)D.C.

والجدول الاتي يعطي فكرة عن نوع الســلك وارقام مواصفاته حسب الانظمة المختلفة والاسماء التجارية التي ينتج تحت اسمها من قبل الشــركات المختلفــة :ــ

الاسماء التجارية	J.I.S.	B.S	DIN.	ISO	A.W.S. A.S.T.M.
Tetrarc - Alflex - fluxend - FOXCEL					
OK 22.40 _EPERVIRP					
Pipeline Ti, Ze - Rekord					
Zell - HC - 24......etc.	D4311	E100	Ti VIIS	E233C10	E6010/11
Figearc, Vertivick - Alflex C47 -					
Vodex - Fonas GVL......etc.	D4313	E307	Ti VIIM	E233R14	E6013
Safrail - Rail Amsa 72	D4316	D616	KbXIIIS	E455	E7016
Basicord R.				B15/6	
Blue-grey - SE0140	D5026	E634HK	KbXIIIS	E455	E7028
Ductilend 150 - Hermees				B46	

تصنيف اسلاك اللحام تبعا لنوع الغطاء

① ـــ الغطاء السليلوزي ـــ ١٥٪ سليلوز وحتى ٣٠٪ اوكسيد التيتانيوم .

خصائصه :ـ

خبث رقيق سهل التنظيف ـــ عالي التطاشر Spatter لحد ما ـــ يعطي غطاء من الغازات لوصلة اللحام بدرجة جيدة ـــ يكون خط اللحام ذو ملمس خشن لحد ما إختراق عميق للمعدن deep penetration ـــ معدل استهلاك السلك سريع يستحسن استعماله مع التيار الثابت D.C. ويوصل السلك بالقطب R.P.+Ve .

استعمالاته :ـ

جميع انواع الصلب الطري للحام في جميع الاوضاع عند استعمال تيار عالي يعطي نتائج جيدة في تداخل المعدن في حالة فلات F اللحام الافقي .

٢ ـــ الغطاء الروتيلي Rutile ذو الخبث اللزج ـــ ويحتوي على نسبة عالية من أوكسيد التيتانيوم مع اضافة مادة تساعد على التأين لتحسين القوس .

خصائصه :ـ

قوس ناعم والتطاشر Spatter قليل ـــ الخبث متصلد لكنه سهل التنظيف فيما عدا الشقوق العميقة مناسب للتيار الثابت أو المتردد .

استعمالاته :ـ

في لحام التقابل Butt او اللحامات الركنية Fillet weld في جميع الاوضاع خصوصا في اللحامات الركنية النازلة ذات تحدب للخارج .

٣ ــ الغطاء الروتيلي ذو الخبث السـائل ــ يحتوي اساسا على اوكسيد التيتانيوم مع اضـافة مواد مساعدة لتحسين سيولة الخبث عن النـوع السـابق •

خصائصه :ــ

يعطي سطح ناعم ــ متوسط الاختـراق ــ قليل التطشر ــ سهل في تنظيف الخبث حتى مـن الشقوق العميقة ــ مناسب للتيار المتردد أو الثابت وفي حالة التيار الثابت يمكن توصيل سلك اللحـام بالقطب الموجب R.P. او السالب S.P. وفي حالة التيار المتردد يجب ان تكون فولتية الدائـرة المفتوحة في حدود ٤٥ فولت كحد اقصى •

استعمالاته :ــ

للحام في جميع الاوضاع ولكنه مناسـب بصورة خاصة للحام الرأس الصاعد V والفـوق الرأس O •

٤ ــ غطاء اوكسيد الحديـد ــ ذو الخبـث الاسفنجي ــ ويحتوي على اوكسيد الحديـد أو كربونات الحديد مع منغنيز وسليكات الصوديوم او البوتاسـيوم •

خصائصـه :ــ

غالبا ما يكون هذا النوع من السلك ذو غطـاء كثيف ينتج خبث بكمية كبيرة يتجمد بصورة فجائية ويكون اسفنجي سريع الازالة ــ يعطي سطح ناعم بتحززات Ripples صغيرة ويعطي خط لحام مقعر ومناسب للتيار الثابت (S.P. or R.P.)D.C. او مع التيار المتردد مع فولتية عاديـة للدائـرة المفتوحـة •

اسـتعمالاته :ــ

يستعمل فقط في اللحام الافقي H وفـي لحامات الشقوق العميقة في الالواح السـميكة ــ خاصة أذا كانت وصلة اللحام سوف تختبر بواسطة اشـعة اكس ــ أيضـا مناسـب للاختـراق العميق deep penetration خاصة في اللحـام الركنـي Fillet •

٥ ــ غطاء اوكسيد الحديد ذو الخبث المتصلد ــ ويحتوي اساسا على اوكسيد الحديد مع او بدون اوكسيد المنغنيـز السـلكيات •

خصائصـه :ــ

الغطاء ينصهر عند طرف السلك ولذلك فانـه يمكن استعماله ــ السلك حيث يكون ملامس تقريبا لقطعة العمل قليل الاختراق والخبث المتصلد ينخلع ذاتيا ــ يعطي خط ناعم مقعر الشكل ويكون معـدن اللحام ذو نسبة كربون ومنغنيز قليلة ولذا تكـون المواصفات الميكانيكية (نسبة الانخفاض في مساحة المقطع واختبار Impact اقل من الانـواع الاخرى من الاسلاك ــ مناسب للتيار الثابـت D.C. (R.P. or S.P.) وكذا التيار المتردد مع فولتية الدائرة المفتوحة في حدود ٤٥ فولت على الحـد الاقصى •

اسـتعمالاته :ــ

يستعمل بصورة رئيسية عندما يكون مظهـر

اللحام ذو اهمية (الكشف بالعين المجردة على اللحام) خاصة عندما يكون المطلوب خط واحد

(٦) ــ غطاء واطيء الهيدروجين ــ ويحتوي على مادة كربونات الكالسيوم والفلسبار مع سليكات الصوديوم او البوتاسيوم ٠

Low Hydrogen

خصائصه :ــ

يعطي غطاء من الخبث متوسط الحجم ويعطي حزازات Ripples متوسطة ايضا وشكل خط اللحام مستوى او مقعر ــ وهذا النوع له مقاومة عالية للتشققات الحارة والباردة Hot and Cold Crack كذلك فان تأثيره قليل على تغير جودة المعدن الاصلي لقطعة العمل اكثر من اي من الانواع الاخرى ــ مناسب للتيار الثابت D.C. خاصة اذا وصل السلك بالقطب الموجب R.P.+Ve يعطي نتائج احسن ــ أما في حالة التيار المتردد A.C. تكون الفولتية للدائرة المفتوحة فيحدود ٧٠ فولت ــ ويجب ان يخزن هذا النوع من السلك في غرف دافئة جافة حتى لايتأثر بالرطوبة ــ ويمكن تجفيفه عند درجة حرارة ١١٠° م لمدة ساعة اذا لزم الامر ٠

استعمالاته :ــ

يستعمل للحام الصلب الطري والمتوسط والعالي المتانة ولصلب الانشاءات ــ للصلب المحتوي على نسبة عالية من الكربون والكبريت « الحديد التجاري » وخاصة يستعمل في لحام القطع المتعرضة للاجهاد وللصلب الذي مكوناته الكيمياوية غير معروفة وللصلب المتعرض لحرارة واطئة ويمكن استعماله في اوضاع O,D, V & F ٠

E-7016 } Low Hydrogen ⇒ Rebake
E-7018 }

خامسا ضوابط عملية اللحام بواسطة القوس الكهربائـــي

اعداد المهنـــدس /
علي أحمـــدمصـــطفى

لمساعدة عامل اللحام في اختبار شدة التيـــار والفولتية للقوس الكهربائي هناك جـــداول تربـــط شدة التيار مع نوع سلك اللحام وقطره ـــ غــــير ان هذه الجداول تقريبية لانها تعتمد الى حد كبير على نوع العمل اضافة الى خبرة الشركة المنتجـــة للاسلاك والمواد المضافة لغطاء السلك وهذه الجداول غالبا ماتكون مطبوعة على غلاف صناديق ســـــلك اللحام للاسترشاد بها وعموما فان الحد الاعلـــــى للتيار للمدى المذكور في الجداول حسب نوع وقطر السلك يعطي تداخل اكبر deep penetration ويعطي لمعدل اسرع في كمية اللحام ولكن شدة التيار الزائد عن الحد المطلوب تعطي تطشر لمعدن اللحام كمـــــا تحفر حواف اللحام under cut

وخفض التيار الزائد يعطي تداخل غير كافي وكميـــة قليلة من معدن اللحام •

ايضا فأنه كلما زاد قطر سلك اللحام يجـــب زيادة فولتية الدائرة المفتوحة بدرجة طفيفة •

اما زاوية سلك اللحام مع خط اللحام يجب ان تتراوح بين ٦٠° الى ٩٠° اما زاوية سلك اللحـــــام مع سطح قطعة العمل يجب أن تكون ٩٠° تقريبـــا لانه كلما قلت الزاوية بين السلك وقطعة العمل يقل بالتالي تأثير الغازات الناتجة عن اللحام في تغطية القوس وعزله عن الجو الخارجي ويصبح التأثـــير المعاكس للجو الخارجي أكبر ويقل تداخل المعدن •

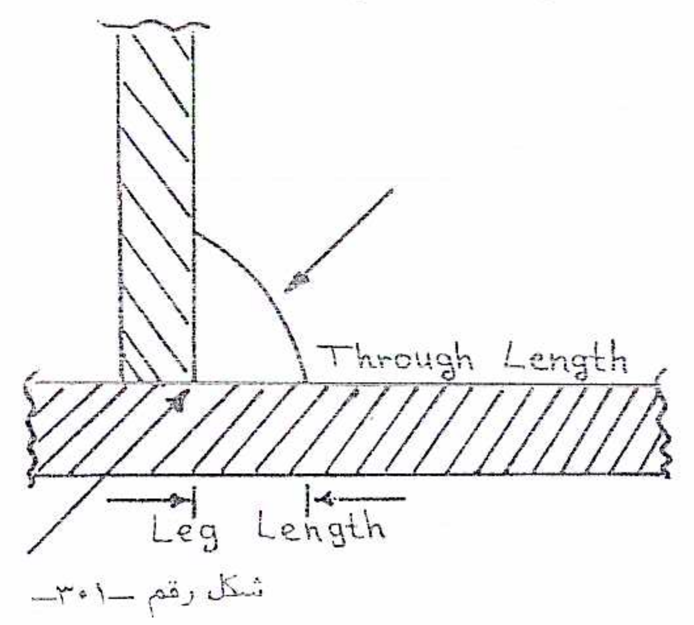
والجدول التالي يساعد في اختيار شدة التيار المناســـب :ـــ

قطـــر الســـلك ملـــم	شـــدة التيـــار بالامبـــــــــير		
	ادنـــى حـــد	اعلى حـــد	المتوسط
٢ر٥	٥٠	٩٠	٩٠
٣ر٢	٦٠	١٣٠	١١٥
٤	١٠٠	١٨٠	١٥٠
٤ر٨	١٥٠	٢٥٠	٢٠٠
٦ر٤	٢٠٠	٤٠٠	٣٠٠
٨	٢٥٠	٥٠٠	٣٥٠

اللحام التقابلي واللحام الركني :-

في اللحام التقابلي (أو لحام الشفة Butt weld) بتقابل طرفي وصلتي اللحام وتحدد سعة الفتحة بين الوصلتين وشكلها حسب سمك المعدن وخصائص الوصلة المطلوبة .

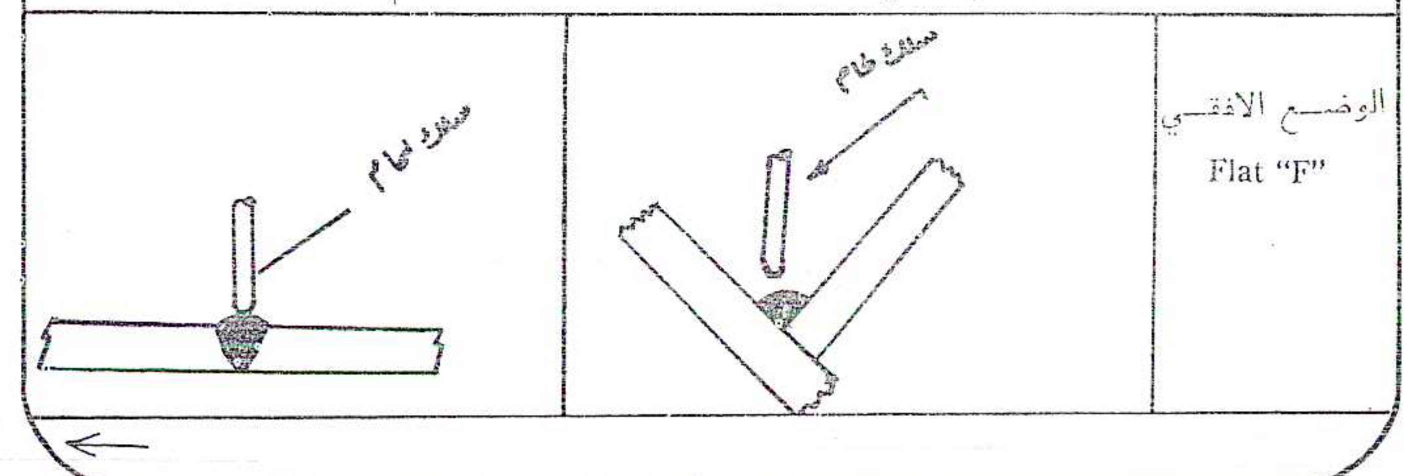
اما في اللحام الركني Fillet weld فتحدد مقاسات اللحام بما يسمى Leg length والعنق throat length كما بالشكل رقم ٣٠٢ .



شكل رقم ـ٣٠١ـ

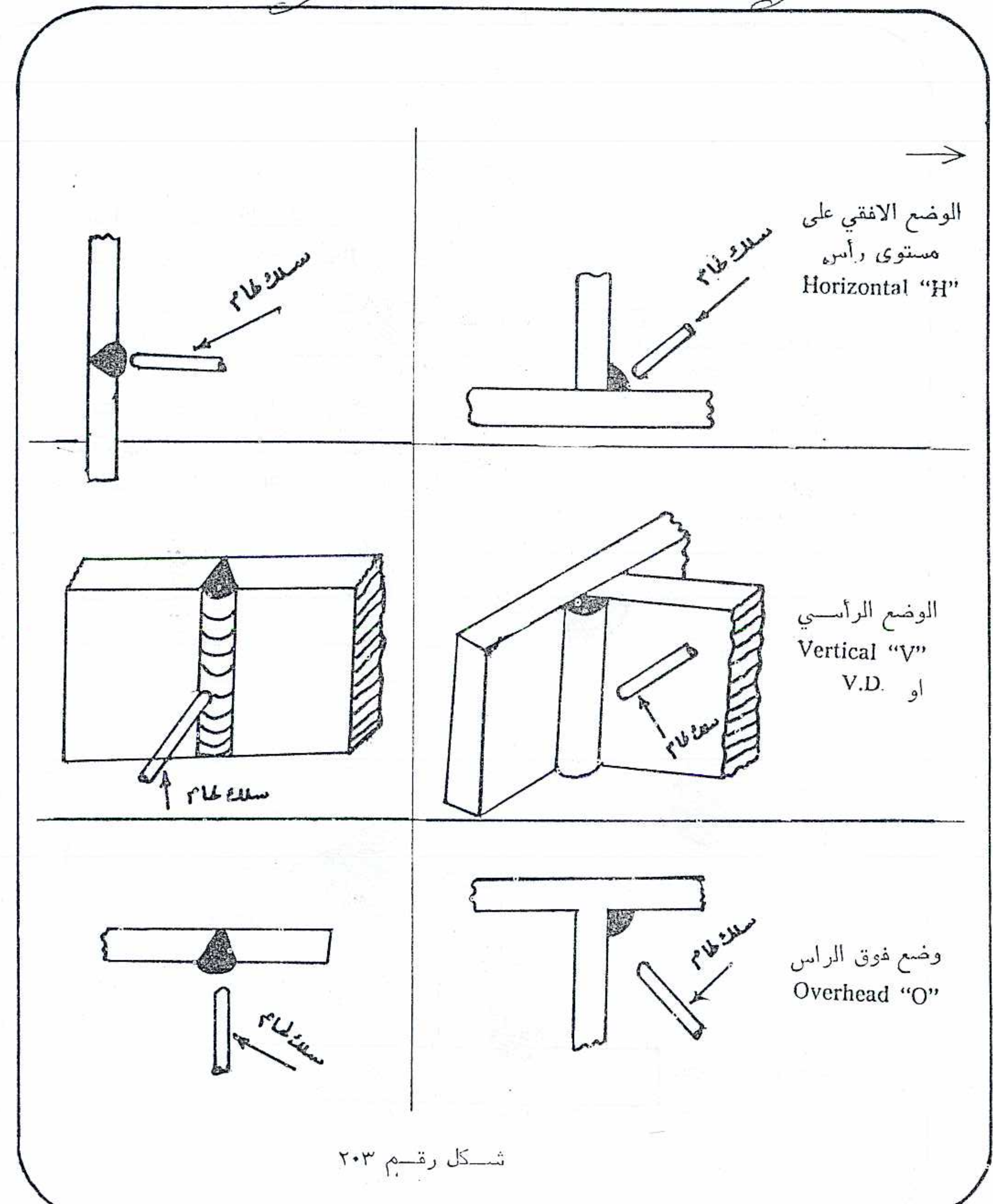
والشكل التالي يوضح لحام الشفة Butt weld واللحام الركني Fillet weld واوضاعهما المختلفة

لحام الشفة Butt weld   اللحام الركني Fillet weld

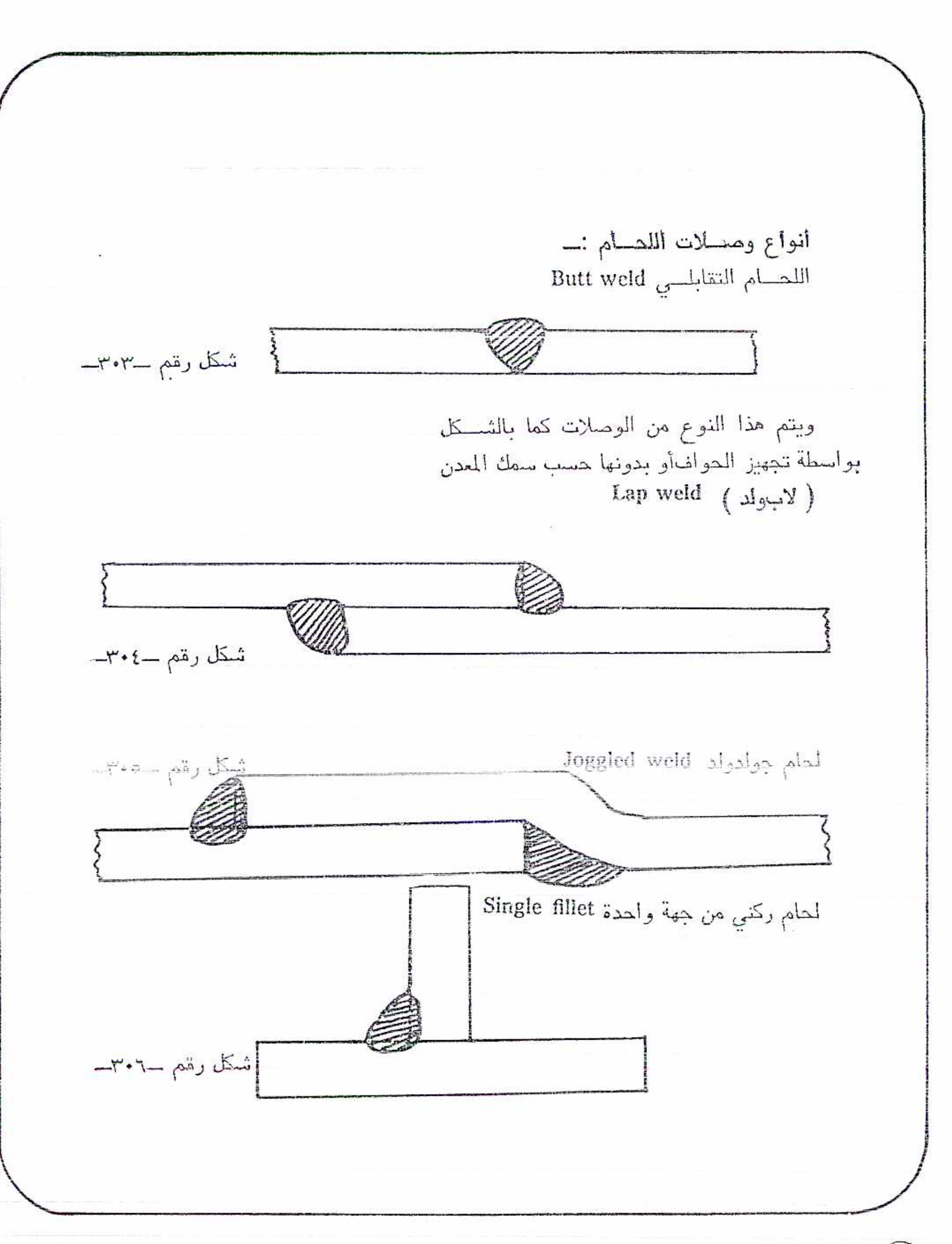


Butt Welding

Fillet Welding



شـــكل رقـــم ٢٠٣



أنواع وصلات اللحام :ـ

اللحام التقابلي Butt weld

شكل رقم ـ٣٠٣ـ

ويتم هذا النوع من الوصلات كما بالشكل بواسطة تجهيز الحوافأو بدونها حسب سمك المعدن

(لابولد) Lap weld

شكل رقم ـ٣٠٤ـ

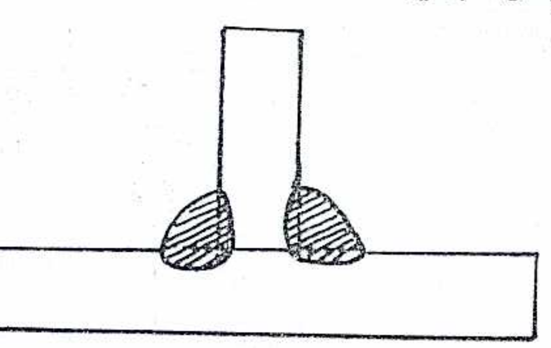
لحام جولدولد Joggled weld

شكل رقم ـ٣٠٥ـ

لحام ركني من جهة واحدة Single fillet

شكل رقم ـ٣٠٦ـ

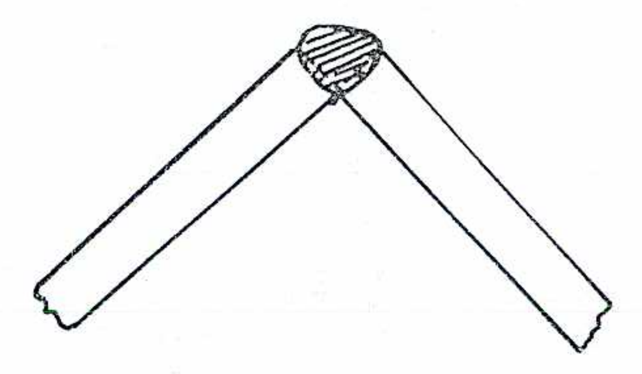
لحام ركني من الجهتين double fillet



شكل رقم ـ٣٠٧ـ

لحام ركني مفتوح open corner weld

شكل رقم ـ٣٠٨ـ



لحـــام حافـــة Edge weld

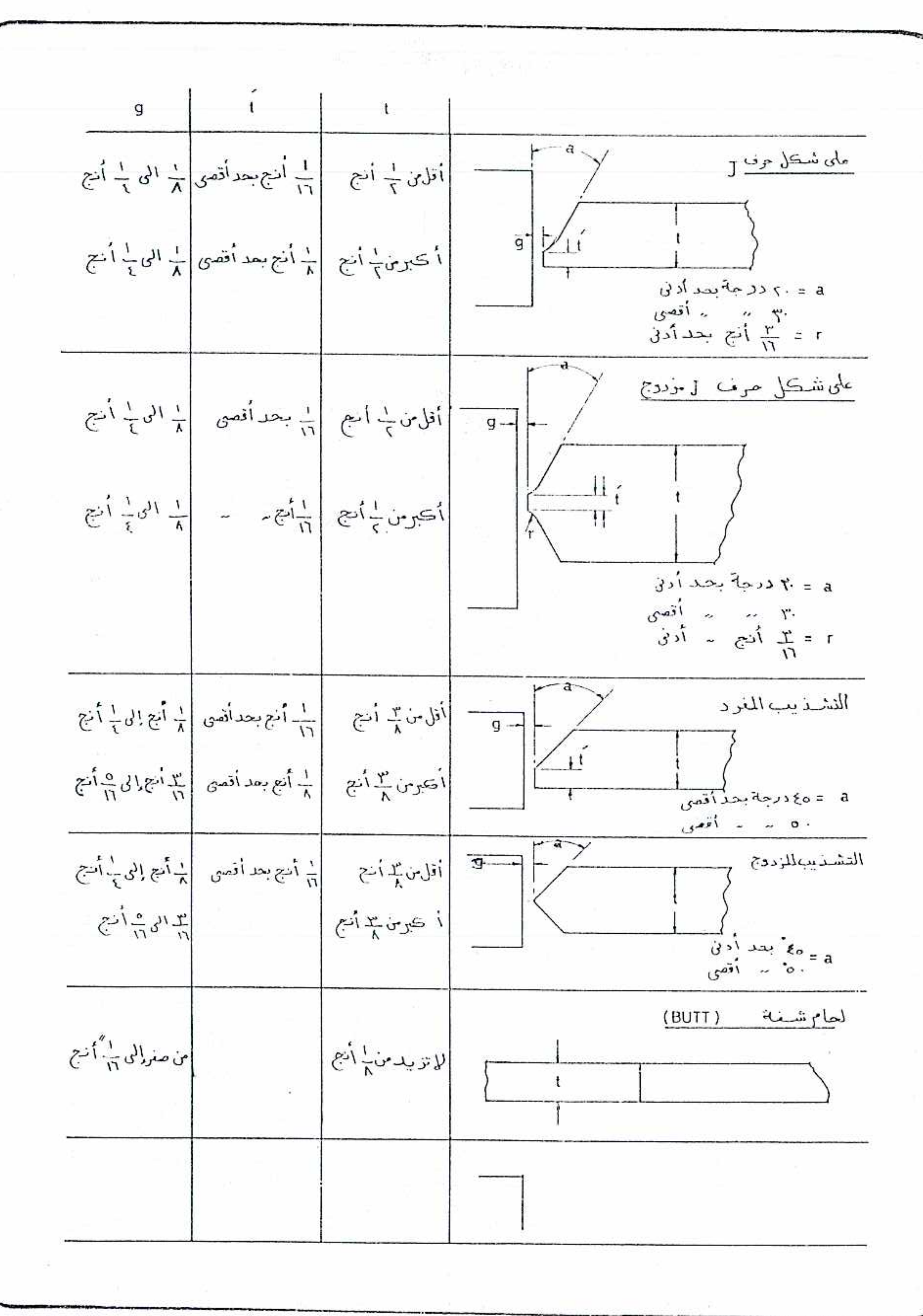
شـــكل رقـــم ٣٠٩

Edge Preparation (Bevelling)

تحضير حواف وصلة اللحام في اللحام التقابلي (BUTT WELD)

سعة الفتحة Gap. g . in.	سمك الجذر Root face t' in	سمك المعدن Thickness t in	شكل الحافة TYPE
١/١٦ الى ٣/١٦ أنج ١/٨ الى ١/٤ أنج	— —	اقل من ٣/٨ أنج أكبر من ٣/٨ أنج	على شكل حرف (V) مفرد a, a/2, t, g - الوضع الافقي a ≧ 60 (F) Flat للوضع الرأسي (V) Vertical أو الافقي على مستوى الرأس a≧70 (H) Horizontal الوضع فوق الرأس a = 8 Overhead (O)
١/١٦ الى ٣/١٦ ١/٨ الى ١/٤	١/١٦ حد افقي ١/١٨ حد افقي	اقل من ٣/٨ أنج أكبر من ٣/٨ أنج	على شكل حرف (V) a, a/2, t, t', g الاوضاع والزوايا كالسابق
٠ الى ٣/١٦ (١,٥ ÷ ٤,٨) ملم ١/٨ الى ١/٤ (٣,٢ ÷ ٦,٤) ملم	— —	اقل من ٣/٨ أنج أكبر من ٣/٨	على شكل حرف (V) مزدوج a, a/2, t, g الاوضاع والزوايا كالسابق
١/٨ الى ١/٤ ١/٨ الى ١/٤	١/١٦ بحد افقي ١/٨ أنج بحد افقي	اقل من ١/٢ أنج أكبر من ١/٢ أنج	على شكل حرف (U) a/2, r, r, t', g ٢ = ١/٨ & a = ١٥° بحد أدنى ٢ = ٣/١٦ أو أكبر & a = ٢٠° بحد أدنى

على شكل حرف (U) مزدوج - أنظر نهاية الفصل ...



	t	t'	g
على شكل حرف J a = ٢٠ درجة بحد أدنى ٣٠ " " أقصى r = ٣/١٦ أنج بحد أدنى	أقل من ١/٢ أنج أكبر من ١/٢ أنج	١/١٦ أنج بحد أقصى ١/٨ أنج بحد أقصى	١/٨ الى ١/٤ أنج ١/٨ الى ١/٤ أنج
على شكل حرف J مزدوج a = ٢٠ درجة بحد أدنى ٣٠ " " أقصى r = ٣/١٦ أنج " أدنى	أقل من ١/٢ أنج أكبر من ١/٢ أنج	١/١٦ بحد أقصى ١/١٦ أنج " "	١/٨ الى ١/٤ أنج ١/٨ الى ١/٤ أنج
التشذيب المفرد a = ٤٥ درجة بحد أقصى ٥٠ " " أقصى	أقل من ٣/٨ أنج أكبر من ٣/٨ أنج	١/١٦ أنج بحد أقصى ١/٨ أنج بحد أقصى	١/٨ أنج إلى ١/٤ أنج ٣/١٦ أنج إلى ٥/١٦ أنج
التشذيب المزدوج a = ٤٥° بحد أدنى ٥٠° " أقصى	أقل من ٣/٨ أنج أكبر من ٣/٨ أنج	١/١٦ أنج بحد أقصى	١/٨ أنج إلى ١/٤ أنج ٣/١٦ الى ٥/١٦ أنج
لحام شفة (BUTT)	لا تزيد من ١/٨ أنج		من صفر الى ١/١٦" أنج

g	f'	t	
$\frac{١}{٨}$ أنج الى $\frac{١}{٤}$ أنج $\frac{٣}{١٦}$ أنج الى $\frac{٥}{١٦}$ أنج	– –	أقل من $\frac{٣}{٨}$ أنج أكبر من $\frac{٣}{٨}$ أنج	التشذيب المفرد a = ٤٥ درجة بحد أدنى ٥٠ = = أقصى
$\frac{١}{٦}$ أنج الى $\frac{١}{٨}$ أنج	–	لا تزيد عن $\frac{٣}{١٦}$ أنج	لحام شقه (BUTT)
١.٤ × القطر الكلي لسلك اللحام في اللحام الأفقي ١.٨ × القطر الكلي لسلك اللحام في اللحام الرأسي	–	لا تزيد عن $\frac{١}{٢}$ أنج	
١.٢ × القطر الكلي لسلك اللحام في اللحام الرأسي فقط.	–	$\frac{٣}{١٦}$ أنج الى $\frac{١}{٢}$ أنج في اللحام الرأسي فقط.	

سعة الفتحة g	سمك الجذر f'	سمك المعدن t in	شكل الحافة TYPE
$\frac{١}{٨}$ الى $\frac{١}{٤}$ أنج $\frac{١}{٨}$ الى $\frac{١}{٤}$ أنج	$\frac{١}{١٦}$ أنج بحد أقصى $\frac{١}{٨}$ أنج بحد أقصى	أقل من $\frac{١}{٢}$ أنج أكبر من $\frac{١}{٢}$ أنج	على شكل حرف (U) مزدوج r = $\frac{١}{٨}$ أنج & a = ٢٥° بحد أدنى r = $\frac{٣}{١٦}$ أنج أو أكبر & a = ١٠° بحد أدنى

ملاحظة : القطر الكلي للسلك يقاس من خارج غطاء السلك .

سادسـا : ـ

" اللحـام بالغـاز "

أعداد المهندس ـ علي أحمد مصطفى

لحـام الاوكسي أسـتيلين

تتولد الحرارة اللازمة لعملية اللحام بواسـطة لهب ناتج من أحتراق غاز الاستيلين في وجـود الاوكسجين النقي ويمكن أستخدام سلك أو بدونه، ويعطي أحتراق غاز الاستيلين في جو من الاوكسجين درجات حرارة عالية جدا تصل الى حوالي ٣٠٠٠°م

غاز الاوكسـجين والاسـتيلين

الاسـتيلين : (C_2H_2)

الاستيلين وقود غازي له قابلية شـديدة للانفجار في ظروف معينة وتجهز منطقة اللحام بهذا الغاز بواسطة قناني من الصلب معبا بها الغاز تحت ضغط عالي (مسال ومذاب في مادة الاسيتون) أو أن يحضر في موقع اللحام بواسطة اجهزة خاصة من مادة كربيد الكالسيوم والماء •

ومادة كربيد الكالسيوم تصنع في أفران كهربائية بواسطة القوس الكهربائي من الفحم الذي يذاب في الجير الحي (النورة) ويعبا كربيد الكالسـيوم تبعا لقاسات حبيباته في أوعية محكمة ضد تسرب الماء ، وينبغي توفر كل عناية وحرص عند فتح أوعية كربيد الكالسيوم حيث يتولد غاز الاستيلين القابل للاحتراق من الكربيد بمجرد دخول الهواء المحتوي على الرطوبة وقد يسبب ذلك حرائق أو أنفجارات ولذا يجب مراعاة عدم فتح هذه الاوعية بواسطة العدد المحدثة للشرر كالازاميل المصنوعة مـن الصلب بل يجب فتحها بواسطة ملقط من النحاس أو من الصلب بعد تشحيمه بالدهن تشحيما جيدا ، ولايجوز أطلاقا ترك براميل الكربيد مفتوحـة لان كربيد الكالسيوم ، بتعرضه لرطوبة الهواء يتحول الى مسحوق وهذا يؤدي الى ضياع جانب كبير منه أضافة الى أن غاز الاستيلين الذي ينبعث منـه ببطيء وبصورة مستمرة قد يسـبب حرائـق او أنفجارات أذا ما أنبعثت شرارة من نار مكشـوفة أو من موقع لحام مثلا • وأذا ما القى الكربيد في الماء سرعان مايتولد غاز الأستيلين لذلك ينبغي الا توضع براميل الكربيد قريبة من مصادر الميـاه أو على أرض مبتلـه •

أما براميل كربيد الكالسيوم الفارغة فيجـب ابعادها عن مناطق العمل ووضعها في مكان مكشوف حيث تملأ بالماء لتحويل بقايا الكربيد الى غـاز ، ويتراوح حجم غاز الاستيلين المتولد من كربيـد الكالسيوم بين ٢٥٠ الى ٢٨٠ لتر لكل كغم كربيد ، ويغطى الكربيد بطبقة واقية من الزيت أو الكروسين حتى لايتلف بفعل الرطوبـة • •

ويسـتخدم في اللحـام بجانـب الاستلين غازات أخرى قابلة للاحتراق كالهايدروجـين والبروبين ولكن غاز الاستيلين يعتبر أهم الغازات المستخدمة في اللحام نظرا لقابليته الشديدة للاحتراق ولارتفاع درجة حرارة اللهب الناتج منه •

الاوكسجين : (O_2)

يستخدم غاز الاوكسجين في اللحام لحرق الاستيلين ولزيادة درجة حرارة اللحام والاوكسجين نفسه غير قابل للاشتعال ولا رائحة له ولا لون ولكن يساعد على الاحتراق بدرجة كبيرة ويتم الحصول على الاوكسجين النقي من الهواء حيث يتم فصل الاوكسجين عن النتروجين ويكبس في أسطوانات من الصلب تحت ضغط ١٥٠كغم/سم٢ على درجة كبيرة من النقاوة تتراوح بين ٩٩ الى ٩٩٫٩٪ •
وينبغي تداول اسطوانات الاوكسجين بكل عناية وحذر لمنعها من الانفجار ويراعى عدم قلبها أو السماح بوقوعها أو تعرضها للاهتزازات العنيفة ، وتثبت هذه الاسطوانات في أماكنها في مواقع العمل بكيفية تمنعها من الوقوع كأن تشد بالسلاسل أو الاربطة أو الحوامل المخصصة للاسطوانات ؛ وعند استخدام الاسطوانات خارج الورشة يجب وضعها بحيث تصنع مع الارض زاوية حادة وبحيث يتجه صمامها الى اعلى بعيدا عن الارض ، وينبغي حماية الاسطوانات من الحرارة ومن التعرض لاشعة الشمس ولهذا السبب لاتثبت الاسطوانات بجوار أجهزة التدفئة ومن ناحية أخرى يجب حمايتها من البرودة الشديدة أذ أن الصلب يصير هشا وبالتالي تصبح الاسطوانات معرضة للانفجار ويصبح هذا الخطر حقيقة واقعة عند درجة الحرارة –١٥°م ودرجات الحرارة الادنى من ذلك ويجب عدم نقل الاسطوانات الا أذا كانت مغطاة بغطاء واق مسنن مثبت في مكانه وذلك لحماية صماماتها وتعتبر عربات الأسطوانات أصلح الوسائل لنقلها • ولايجوز نقل اسطوانات الصلب بواسطة الرافعات المجهزة بمغناطيس رافع •

ولو أن الاوكسجين لايحترق فأن الاوكسجين المضغوط يستطيع أذا ما لامس زيتا أن يضرم النار فيه مكونا لهبا خطيرا ولهذا السببينبغي الا يلامس الاوكسجين زيتا أو شحما أو أيادي أو عدد ملوثة بالزيت أو الشحم • ففي هذه الحالات تصبح حوادث الانفجار حقيقة مؤكدة ، كما لايصح دهان أسنان الغطاء بالشحم أو الزيت ويكتفي بالماء لهذا الغرض ، وعند نقل الاسطوانات بالسيارات يراعى الا تخلط ببراميل الزيت منعا لتلوثها ؛ كما ينبغي توخي منتهى الحذر والعناية أثناء العمل بالاوكسجين لمنع تشبع الملابس به أذ سرعان ما تحترق أذا ماوقعت شرارة عليها •

تحضير الاستيلين في مواقع اللحام : —

يحضر الاستيلين بواسطة عامل اللحام من كربيد الكالسيوم والماء باستعمال مولدات خاصة لهذا الغرض حيث يملأ المولد بالماء ويزود بكربيد الكالسيوم وفقا لارشادات التشغيل ، وينبعث الاستيلين بمجرد ملامسة كربيد الكالسيوم للماء ثم يعبا في مستودع أو وعاء ناقوسي الشكل ويمر الاستيلين من المستودع الى مشعل اللحام خلال خط من الانابيب واجهزة التجفيف ، وهناك أنواع

كثيرة من هذه المولدات تتوقف على حجم كميـــة الغــاز المطلوبـــة •

كما أن بها معدات خاصة للتحكم في توليد الغاز أذا زاد ضغطه عن حد معين واعادة التوليد أذا قل الضغط أي أنها تعمل بصورة ذاتية كما أنها مزودة بصمامات الامان لتلافي حدوث الحوادث •

الامداد بالاستيلين مـن الاسطوانات : —

يستطيع أي معمل أستعمال الاسطوانات الجاهزة والمعباة بهذا الغاز تحـت ضـغط ١٥ الـــى ٢٠كغم/سم٢ ومذاب في الاستيون ، وفي حين تكون أسطوانة الاوكسجين جوفاء فان أسطوانة الاستيلين ليست كذلك ، أذ تعبأ أسطوانة الاستيلين بمركـب يكبس أو يضغط فيها ويتكون هذا المركب من الفحم النباتي ولب الخشب الميكانيكي وفضلات الفحـم العضوي والاسمنت ولهذا المركب مسامية تصل الى حوالي ٧٥٪ ويشبع المركب المالىء للاســطوانة بالاسيتون وهو سائل شفاف عديم اللون وله رائحة منعشة ويمكنه تحت ضغط ١٥كغم/سم٢ أذابـــة حوالي ٣٧٥ لتر من الاسيتلين في لتر واحد مـــن الاسيتون ، وبهذه الكيفية يخزن الغــاز فـــي الاسطوانات ، وهو ينبعث منها ببطىء لذلك ينبغي الا يسحب الغاز من أسطوانات الاسيتلين بسرعـة أكثر من اللازم فاذا كان معدل الاستهلاك من الغاز في حدود ١٠٠٠ لتر في الساعة تستخدم أسـطوانة أسيتلين واحدة ، أما أذا كان الاستهلاك في حـدود ٢٠٠٠ لتر في الساعة فتستخدم أسطوانتين وهكذا •

ويمكن ربط عدة أسطوانات ببعضها البعض على التوالي للحصول منها على الاستلين بالمعدل المطلوب ويراعى أنه أذا ما سحبت كمية ضخمة من الاستلين من أسطوانة ما فان الاسيتون ينسحب معها وهذا يؤدي الى تصميغ صمامات الاسطوانة وأنسدادها، وبالتالي الى حدوث عطل في أعمال اللحام ، ولماكان الاستلين ينطلق من الاسيتون على مهل فانه يمكـن تفريغ أسطوانات الاستلين بصورة أفضل وبطريقة أقتصادية أذا ما أستخدمت أسطوانات شبه فارغة لاعمال اللحام التي تتطلب أستخدام كميات قليلة من غاز الاستلين كما هي الحال عند لحام الصفائـــح المعدنية الرقيقة ، ويجب تخزين أسطوانات الاستيلين في وضع رأسي وايضا أثناء العمل يجب أن تكـون في هذا الوضع وأذا تعذر ذلك فيمكـــن ســـحب الاسيتلين من الاسطوانات وهي في وضع مائـــل بشرط أن يعلو صمام الاسطوانة على مستوى قاع الاسطوانة بمقدار ٣٠سم ويتفوق الاستيلين المذاب من الاسطوانات على الغاز الناتج من المولدات مـن حيث درجتي جفافه ونقاوته العاليتين ، وينبغي عدم تعريض اسطوانات الاسيتيلين الى الضوء المباشر أذ يؤدي ذلك الى رفع درجة حرارة الاســـيتيلين فيتمدد داخل الاسطوانة ويزداد الضغط فيها زيادة

كبيرة وخطيرة ، وأذا شبت النار من أسـطوانة أسيتيلين فينبغي غلق صمام الاسطوانة على الفور فاذا تعذر ذلك ، يغير أتجاه اللهب بحيث لايحدث منه ضرر ، وأذا مانشأ موقف خطير نتيجة أرتفاع درجة الحرارة داخل الاسطوانة فيجب تبريـد الاسطوانة بكميات غزيرة من الماء .

صمامات الاسـطوانات : ـ

تزود كافة الاسطوانات بصمامات يعبأ الغاز عن طريقها أو يسحب منها ويجب مراعاة التعليمـات التالية عند تشغيل الاسطوانة : ـ

١ ـ لفتح أسطوانة الغاز يدار الصمام مرتين أو ثلاثة بمقدار نصف دورة حتى يسهل غلقه بسرعة في حالـة الخطـر .

٢ ـ يسمح لكل أسطوانة بان تخرج كمية صغيرة من الغاز لازالة ماقد يكون عالقا بصمامها من المواد الغريبة قبل تركيب خراطيم الشعلة وينبغي اثنـاء هذه العملية الا يقف شخـص في مواجهة الصمام حتى لاتضره الغـازات المتسـربة .

٣ ـ ينبغي الكشف جيدا على الصمامات للتاكد من نظافة فتحتها ومن خلوها من أصـماغ الاسيتون وفي حالة وجود ذلك تنظف بقطعة من السلك ويسمح للصمام بعد تنظيفـه باخراج كمية صغيرة من الغاز لغرض التنظيف .

٤ ـ لحماية الصمامات من العطب لاتسـتعمل الالات الحادة أو مفاتيح الربط لفتحها وغلقها ولكن يتم ذلك باليد فقـط .

٥ ـ يجب عدم تشغيل اسطوانات الاسيتلين بالايدي أو العدد الملوثة بالزيت أو الشحم خشـية نشوب النار كما سبق شرحه .

٦ ـ أذا أمكن أدارة يد صمام الاسطوانة الـى اليسار أو اليمين دون أن يترتب على ذلك فتح أو غلق الصمام ، فان الصمام لايعد صالحـا للتشغيل ومن ثم يجب أعادة الاسطوانـة الـى المجهـز .

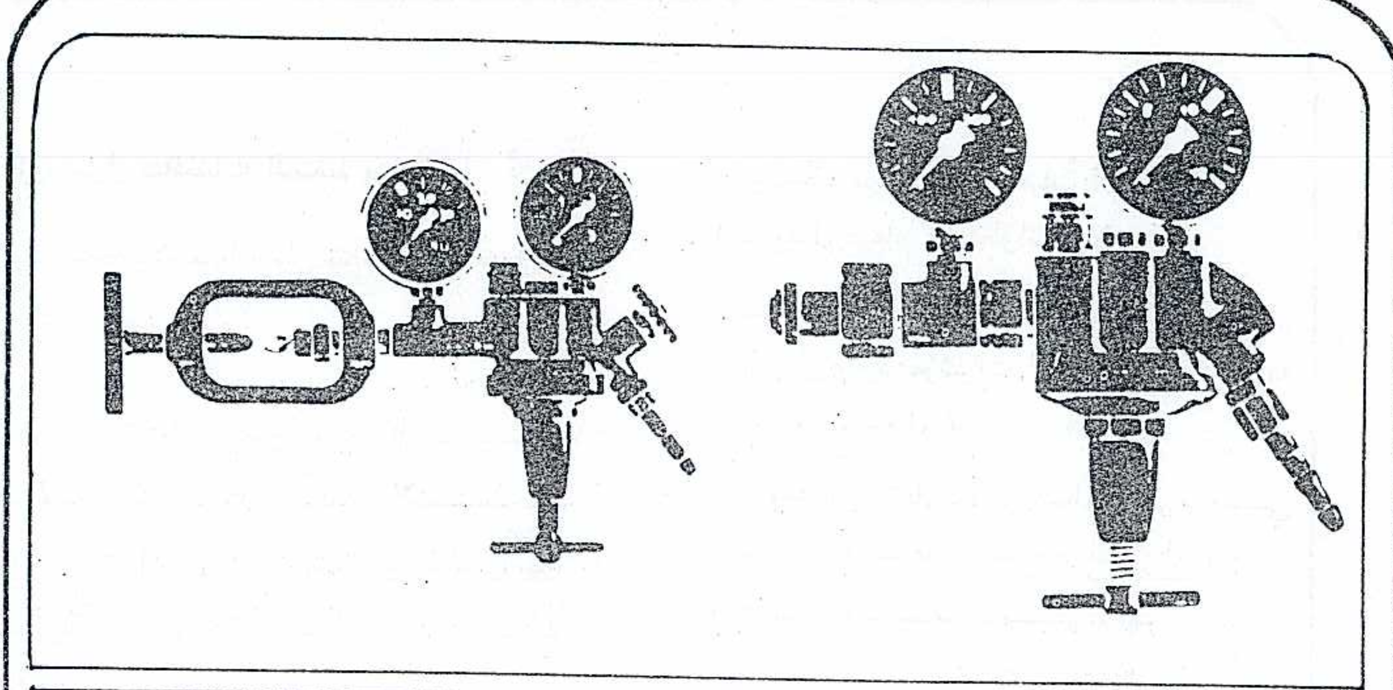
٧ ـ يجب عدم أستعمال أسطوانات يتسـرب الغاز مـن صمامهـا .

٨ ـ الأشخاص الذين لم يكتسبوا خبرة مـن تشغيل أسطوانات الغاز ينبغي عدم السماح لهـم بتداول الاسطوانات أو الصمامات، كما ينبغي الا يسمح العامل لزملائه بتداولها مالم ينالوا قسطا وافيا من المعرفة والتدريب في هـذا المجال .

صمامات الضغط (منظمات الضغط)

الضغوط العالية في أسـطوانات الغـاز (١٥٠كغم/سم^{2} في حالة الاوكسجين ومن ١٥ الـى ٢٠كغم /سم^{2} في حالة الاسيتلين المذاب) لاتناسـب اعمال اللحام ومن ثم يلزم توافر جهاز ملائم لخفض

Pressure reducing valves (Regulaters)



خافض" منظم " ضغط الاوكسجين من النوع الاحادي المرحلة

خافض" منظم " ضغط الاسيتيلين من النوع الاحادي المرحلة

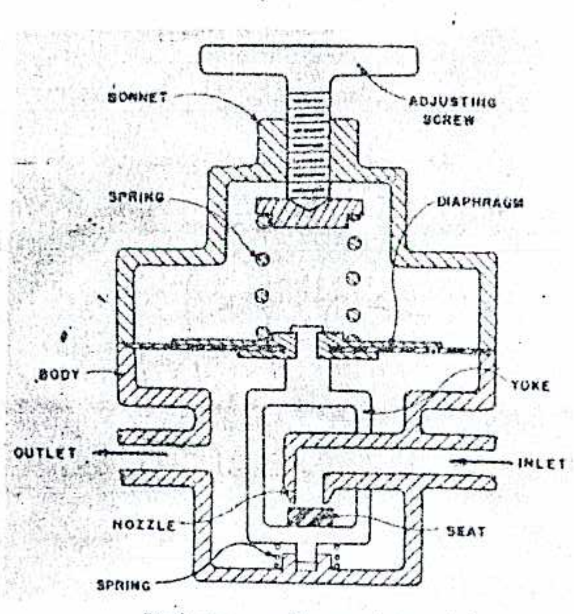
شــكل رقــم (٣١٠)

الضغط العالي للغازات بالاسطوانات كما في الشكل: (رقـــم ٣١٠)

ويربط خافض ضغط الاوكسجين بصــــمام الاسطوانة بواسطة صموله Nut مشتركة .

أما خافض ضغط الاسيتلين فيربط بوصلة تشكيل كما بالشكل ٣١٠ وبهذه الكيفية لايمكن أن تركـب بطريــق الخطأ خافضات الضغط على الاسطوانة المغلوطـــة .

وباستعمال هذه الخافضات يمكننا الحصول علــى الضغوط المناسبة لعمليات اللحام وهي تتراوح بين ٥ر٢ الى ٣كغم/سم٢ بالنسبة لغاز الاوكسجين و٢ر٠ الى ٣ر٠كغم/سم٢ بالنسبة لغاز الاسيتلين .



-Single-stage regulator-nozzle type (schematic)

شــكل رقــم (٣١١)
خافض ضغط ذو مرحلة واحدة

Working pressure : الضغط التشغيلي

توصـــيل خافضات الضغط وتشغيلها :

١ — يسمح للاسطوانة بان تنفث كمية من الغاز لفتـــرة قصــــــيرة

٢ — يجب تبديل الحشوات بين الخافضـــــــن والاسطوانة أذا كانت تالفة ولاتســــــتخدم الحشوات المصنوعة من الجلد أو المطاط لانهما يؤديان الى حوادث خطيرة ، نتيجة وقـــوع الانفجـــــــارات ..

٣ — يربط خافض الضغط بحيث يكون في وضع عمودي مـــع الاسطوانة .

٤ — يدار مسمار تنظيم الضغط في أتجاه عقارب الساعة الى أن يصبح سائبا وحينئذ فقط يفتح صمام الاسطوانة ببطء وينحرف المؤشــر عنـــد ذلك ينظم مسمار خافض الضغط للوصـــول الى ضغط التشغيل المطـــلوب .

٥ — عند فتح صمام التصريف في المشعل يحدث أنخفاض في الضغط ومن ثم ينبغـــي أعــادة ضـــغط التشــــــغيل .

أيقـــاف تشــــغيل خافضات الضـــغط :

١ — يقفل صمام الاسطوانة أولا

٢ — يترك العامل صمام المشعل مفتوحا وينتظر الى أن تعود مؤشرات الضغط من الاسطوانة وضغط التشغيل الى الصـــفر .

٣ — بعد ذلك يقفل كل من صمام التصريف فـــي خافض الضـــغط وصـــمام التشغيل .

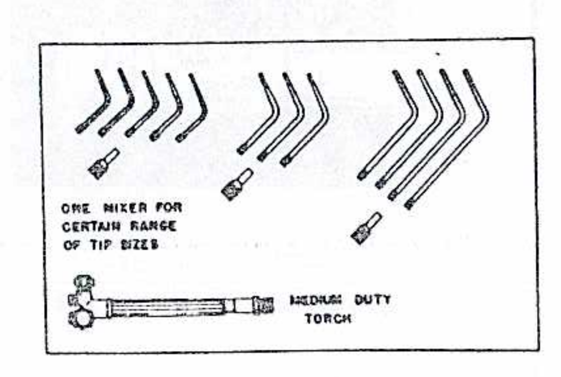
خراطيم تصريـــف الغـــــاز : —

تتطلب أعمال اللحام بالغاز أستعمال خراطيـــم توصيل بين الاسطوانات والمشعل ، وتصنع خراطيم خاصة لهذا الغرض من مطاط مكون من عدة طبقات مبطـــــن بالقماشــــــ .

ويختلف لون الخراطيم فهي حمراء بالنســــبة للاسيتلين وزرقاء بالنسبة للاوكسجين ولايجــــوز أستخدام خراطيم الاسيتلين لنقل الاوكسجين لانها لاتستطيع تحمل ضغط الاوكسجين العالي ، وينبغي الا تقل أطوال خراطيم التصريف عن ٥ متر كمـــا ينبغي الا يزيد طول خراطيم الضغط المنخفض على ١٥ متر ، وفي حالة الحاجةالى وصل الخراطيم يجب أستعمال المشابك الخاصة بذلك وبذلك تمنع الحوادث التيتنجم عن تسرب الغاز فجاة، والقاعدة العامةهي حظر أستخدام خراطيم تالفة وخاصة في أعمـــــال اللحام التي تجري في داخل المراجل أو الاوعيـــة الضـــيقة .

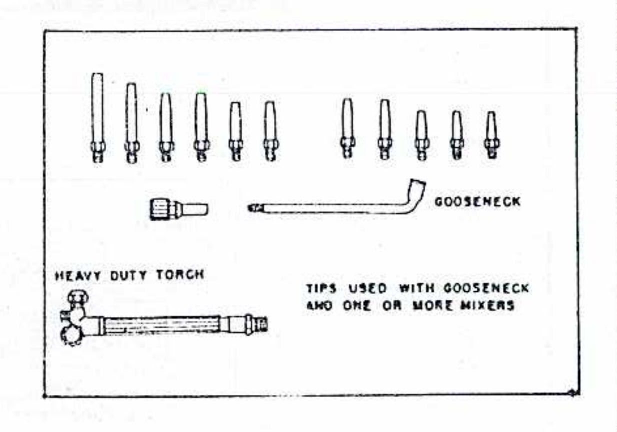
مشاعل اللحـــام :ــ Torches

يتكون مشعل اللحام من مقبض وطرف واحـــد او من مقبض واطراف لحام متعددةكما في الشـــكل رقم (٣١٢) •



شكل رقم ــ٣١٢ــ

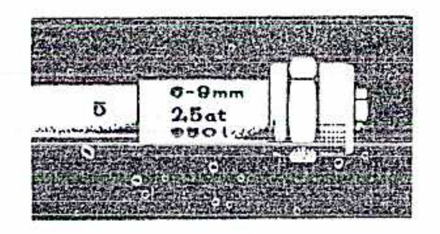
ويستخدم المشعل ذو طرف واحد في لحـــام المعادن التي يقل سمكها عن ٥ر• ملم • أما المشاعل ذات الاطراف المتعددة فتستخدم للمعادن ذات السمك المتنوع • وللحام مواد يتراوح سمكها بين ٣٠ الى ١٠٠ ملم فقد صنعت خصيصا لهذا الغرض مشاعل لحام ذات رؤوس غير متغيرة ، ومشعل اللحام الصغير ذو وزن خفيف وهو يصلح بصفة خاصة للحام المواد التي يتراوح سمكها بين ٢ر• الى ٦ ملم وتساعد خفة وزن مشعل اللحام على عدم اجهاد العامل ، وحينما يكون عامل اللحام معرضا لدرجات حرارة عالية اثنـــاء اللحام ، يمكن استخدام مشاعـــل ذات رؤوســـ طويلة واحيانا نكون مضطرين لاستخدام مشـــاعل ذات رؤوس قصيرة نظرا لطبيعة وموقع وصـــلة اللحـــام المطلوبة وفيما يلي بعض اشكال هـــذه المشاعل الخاصة :ــ



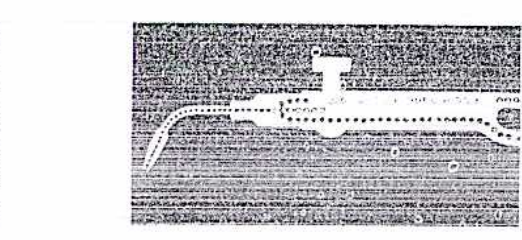
شكل رقم ــ٣١٣ــ

شكل رقم ــ ٣١٤ــ

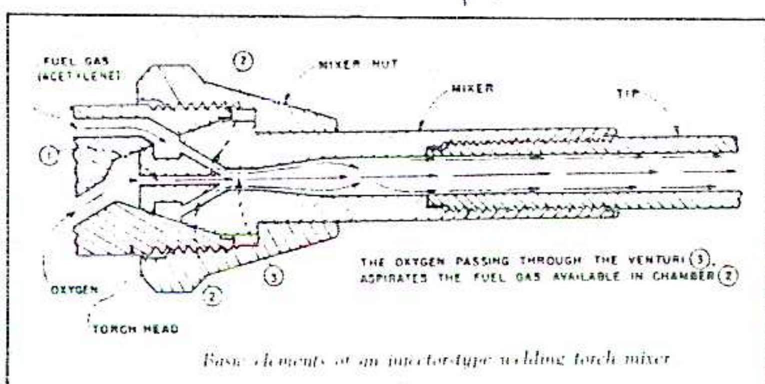
وعلى كل مشعل تطبع بعض الارقام تشير الى مقياس فوهة المشعل Nozzle والى مـدى السمك الذي يمكن لحامه بواسطته وايضا الـى ضغط الاوكسجين الذي يجب ضبطه عند خافـض الضغط عندما يكون صمام الاوكسجين مفتوحا وكذلك حجم الاوكسجين الذي يستهلكه المشعل كمـا بالشكل رقم (٣١٥) • ولما كان ضغط الاوكسـجين يزيد على ضغط الاستيلين فان الاوكسجين يسـحب الاسيتلين عن طريق فوهة السحب ويدفع به داخل غرفة الخلط وفي انبوب الخلط كما بالشكل ٣١٦م يختلط الاوكسجين والاسيتلين بنسبة ١:١ تقريبـا اي ان استهلاك المشـعل للاسيتلـين بنفس مقـدار الاوكسجين •



شكل رقم ـ٣١٥ـ
أرقام مدموغة على رأس مشعل اللحام



شكل رقم ـ٣١٦ـ



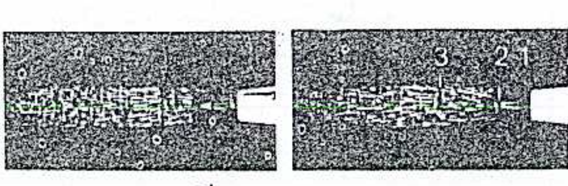
Basic elements of an injector-type welding torch mixer

Mixing Chamber

شكل رقم ـ٣١٧ـ

لهب اللحـــام :ــ

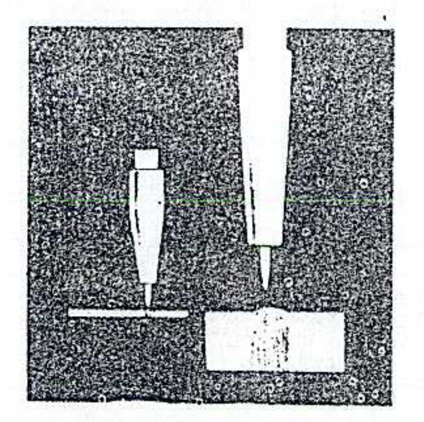
تعتمد درجة اللهب على نسبة خلــــط غازي الاوكسجين والاسيتلين ولكن عموما بالنسبة للهــب المتعادل تكون مناطق اللهب كما بالشكل رقم (٣١٨) ويشمل القلب الداكن والمخروط المتوهج اللامــع المحيط بالقلب ثم غلاف اللهب المحيــــط بالمخروط وتختلف درجات الحرارة داخل مناطق اللهب فتكون حوالي ١٠٠٠°م في داخل مخروط اللهب ، وخلــف مخروط اللهب تبلغ حوالي ٣٠٠٠°م وفي مركز اللهب تكون حوالي ١٨٠٠°م •



شكل رقم ــ٣١٨ــ

وهذا يوضح ضرورة مراعاة عدم ملامســة قطعة العمل لمخروط اللهب اذ تصل درجــة الحرارة في هذه المنطقة الى حدها الادنى وينبغي من الناحية الاخرى الا تكون المسافة بين مخروط اللهب وقطعة العمل كبيرة لان درجة الحرارة خلف منطقة اللحام تنخفض انخفاضا ملحوظا •

ولدرجة حرارة اللهب داخل المخروط وخلــف منطقة اللحام تأثير ضار على المعدن المنصهر نتيجة لوجود غاز الاوكسجين او الاستيلين غير المحتــرق بينما تؤثر درجة الحرارة العالية داخل منطقـــة اللحام تأثيرا حسنا عليه • وينبغي ان يكون مخروط اللحام على مسافة تتراوح بين ٢ الى ١٠ ملم مــن قطعة العمل وتتوقف هذه المسافة على مقاس فوهة اللحام Nozzle • اي ان تكــون المسافة بين اللهب وقطعة العمل صغيرة عند استعمال طرف لحام صغير وكبيرة عند استعمال طرف لحام كبير كمـــا بالشكل رقم ــ٣١٩ــ •



المسافة بين مخروط اللحام والشعلة

شكل رقم ــ٣١٩ــ

ويمكن تنظيم لهب اللحام بحيث تصبح نسبة الاسيتلين اعلى من نسبة الاوكسجين ويصبح اللهب مختزل او ان تكون نسبة الغازين متساوية ويكــون في هذه الحالة اللهب متعادل او ان تكون نســـبة غاز الاوكسجين اعلى من غاز الاسيتلين ويكــون اللهب في هذه الحالة مؤكد كما بالشكل رقم (٣٢٠) مؤكسد

اعلى فيدل ذلك على حدوث ارتداد الاوكســـجين مـــن الشـــعل .

تبريد مشاعل اللحام :ــ

يبرد مشعل اللحام الساخن في دلو او وعـاء مناسب ويراعى في اثناء التبريد ان يكون صـــمام الاوكسجين مفتوحا ، وان يكون صمام الاستيلـين مغلقا ولتبريد انبوب الخلط يغمر رأس مشعل اللحام حتى نقطة اتصاله بالمقبض ولايجوز تبريد مشـعل اللحام اذا كان صمام الاوكسجين مغلقا والا فـان المشعل يمتص الماء ، وعند أعـادة فتـــح صمامي المشعل ، سرعان مايندفع الماء من فتحة طرف اللحام

ومن ناحية اخرى ينبغي عدم تبريد مشعل اللحـام اطلاقا في اثناء فتح صمام الاسيتلين حتى لايتكون غاز الاوكسي هيدروجين في هذه الحالة فيتسبب اذا ما اشتعل في وقوع انفجار قد يصيب غشاء طبلـة الاذن ، وترتفع درجة حرارة كل من مشعل اللحـام وانبوبة الخلط المعدنية ارتفاعا ملحوظا ــ عند لحام قطعة عمل يزيد سمكها عن ١٠ ملم وفي اللحـــام الركني وفي اللحامات الاخرى التي ينحبس فيهــا لهب اللحام مكونا ضغطا مرتـــدا فاذا ما تجاوزت درجة الحرارة حدا معينا ، فان الغاز يشتعل بالفعل داخل المشعل بتأثير جدران رأس اللحام الســاخنة ونتيجة لذلك تصدر عن المشعل اصـــوات عالية ، وتعرف هذه الظاهرة بالانفجـــارات ذات الومض الخلفي او الاشتعال الرجوعي . فاذا لم يبرد رأس

انفجارات ، فرقعة : Popping

اللحام على الفور ــ يصدر المشعل اصوات علــى فترات اقصر ، وتكون هذه الاصوات مشـــابهة للاصوات التي تصدر عن بندقية سريعة الطلقات ، عند ذلك يجب غلق كل مــــن صمامي الاسيتلين والاوكسجين بمشعل اللحام بسرعة ثم يبرد المشعل في الماء مع جعل صمام الاوكسجين مفتوحا .

هذا وقد يتكون الومض والانفجارات التــي ترتد داخل المشعل نتيجة ارتطام طرف اللحام بقطعة العمل او ان تكون فتحة طرف اللحام Nozzle غير صالحة للتشغيل كأن تكون أصبحت غير دائرية او تكسرها القشور لذلك ينبغي المحافظة على فتحــة طرف اللحام في حالة صالحة للتشغيل .

من ناحية اخرى يجب مراعاة الا يتم تنظيـم الضغط المحدد للاوكسجين ــ طبقا للمقدار المدموغ على رأس اللحام الا عندما يكون صمام الاوكسجين بالمشعل مفتوحا وبحيث يصبح الضغط الناتج هــو الضـغط السائد في اثناء اللحام واذا اريد تصغير حجم اللهب الصادر من رأس اللحام فينبغي عـدم تصغيره بدرجة تزيد عن الحد اللازم والا أرتـــد الحريق الى المشعل بسبب انخفاض سرعة تصريف الغاز انخفاضا كبيرا للغاية .

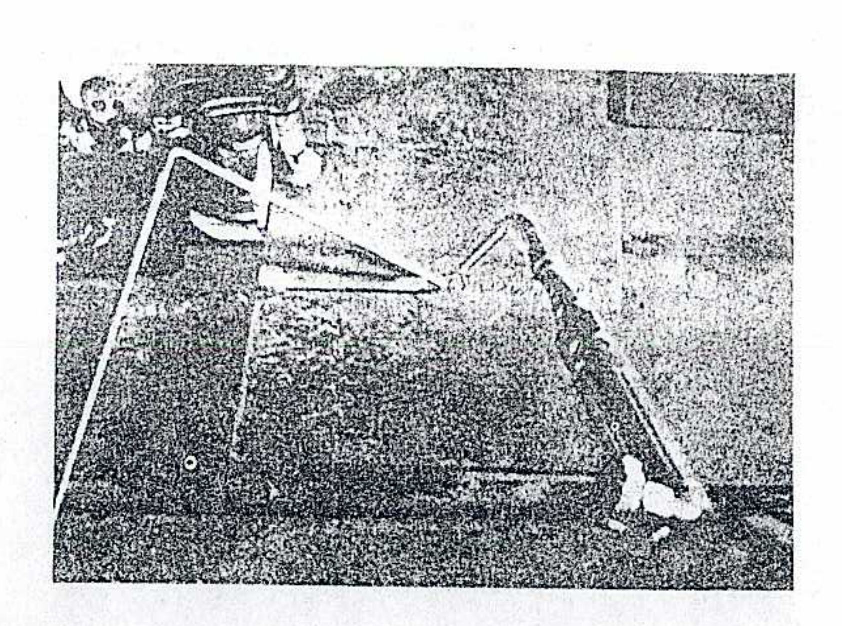
معـدن المـلىء Filler Rod

يتكون خط اللحام من معدن قطعة العمل ومعدن الملىء وهو عبارة عن سلك او سيخ Rod وهو متاح تجاريا على شكل لفات ســـلك او ربطـات

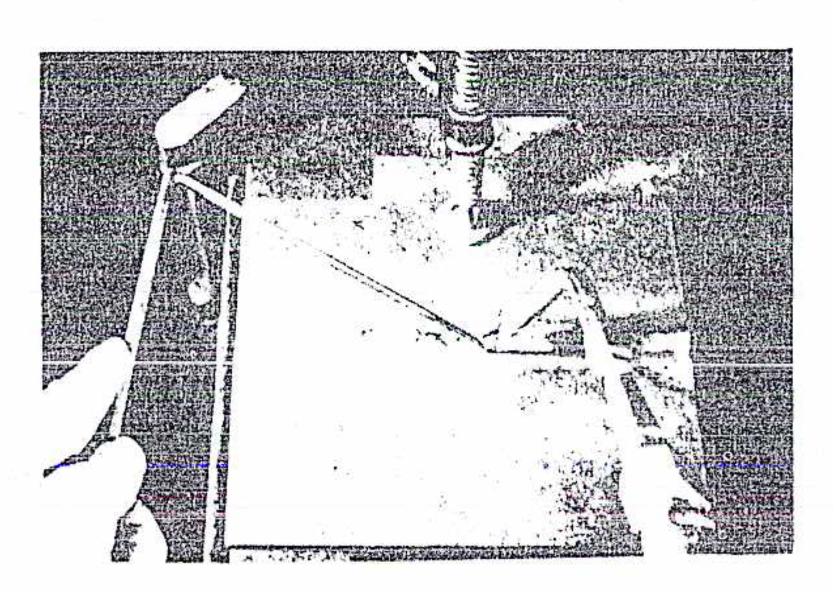
اسياخ ويختلف سمك معدن الملىء من ١ الى ٦ ملم، ويلزم حماية اسياخ اللحام من الصدأ والتلـــوث للحصول على وصلة لحام خالية من العيوب والخبث، كما وان هذه الاسياخ تكون ذات مراتب مختلفـــة فمنها يعطي وصلة لحام جيدة ولكن بصلادة قليلـــة تمكن من عمليات التشغيل بعد اللحام باســـتعمال المبارد والمثاقب وخلافه • واخرى لاتعطى وصـــلة لحام جيدة ولكنها تمتاز بصلادة عالية ولايمكـــن تشغيلها الا بعدد خاصة وكما انه هنـــاك انـــواع تعطى وصلة لحام جيدة وذات صلادة عالية جـــدا ولايمكن تشغيلها بعد اللحام الا بواسطة احجـــار الجلخ •

اللحـــام الامامـــي

وفيه يتحرك مشعل اللحام خلف سيخ معـــدن الملىء في اتجاه اللحام بحيث يكون مشعل اللحـــام مائلا بزاوية ٤٥° وسيخ الملىء بزاوية من ٢٠ الـــى ٤٠° في الاتجاه الاخر ، وفي هذه الحالة يكون حجم المعدن المنصهر عند وصلة اللحام صـــغيرا والذي ينتج عنه وصلة لحام ناعمة وهذه الطريقة يفضـــل استخدامها في لحام الالواح ذات السمك القليـــل حتـــى ٣ ملـــم •



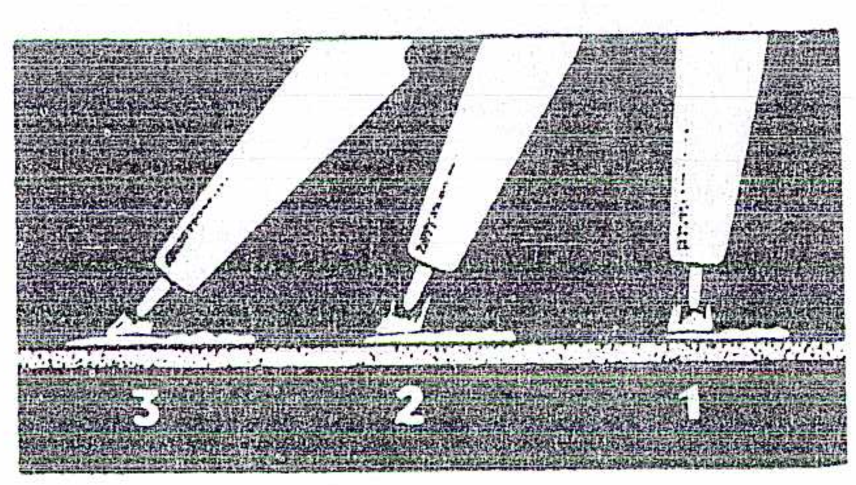
شكل رقم ـــ٣٢٢ـــ



شكل رقم ــ٣٢٣ــ

وفيه يتحرك مشعل اللحام امام سيخ الملــىء في اتجاه اللحام ويكون المشعل مائلا بزاوية حوالي ٤٥° وسيخ الملىء بزاوية تتراوح بين ٣٠°ــ٤٠° وهذه الطريقة تعطينا سرعة لحام كبيرة وممكن الحصــول على وصلة لحام جيدة ويستحسن استخدام هــذه الطريقة في لحام الالواح التي يزيد سمكها عــن ٣ ملــم .

ويلاحظ ان اهمية زاوية ميل المشعل واللهــب بزاوية ٤٥° يتضح من الشكل رقم (٣٢٤) .



شكل رقم ــ٣٢٤ــ

هذا ويجب الاخذ بنظر الاعتبار الملاحظات التالية:

أ ــ اذا كان لهب اللحام عمودي على الوصلة ومركز على حوض المعدن ففي هذه الحالة لايستطيع المعدن المنصهر ان ينساب الى الامام •

ب ــ اذا كان لهب اللحام مائلا بزاوية ٤٥° نجد في هذه الحالة ان اللهب يقوم بتسخين قطعة العمل في اتجاه حركة المشعل تسخينا متقدما سريعا •

جـ ــ أما اذا مال لهب اللحام بزاوية اكبر ففي هذه الحالة يكون المعدن المنصهر معرض للانزلاق الى الامام فوق أجزاء من المعدن لم يسبق تسخينها بدرجة كافية ومن ثم تصبح اللحامات الناتجة غير مقبولة •

وعموما يجب مراعاة مايلي اثناء عملية اللحام :ــ

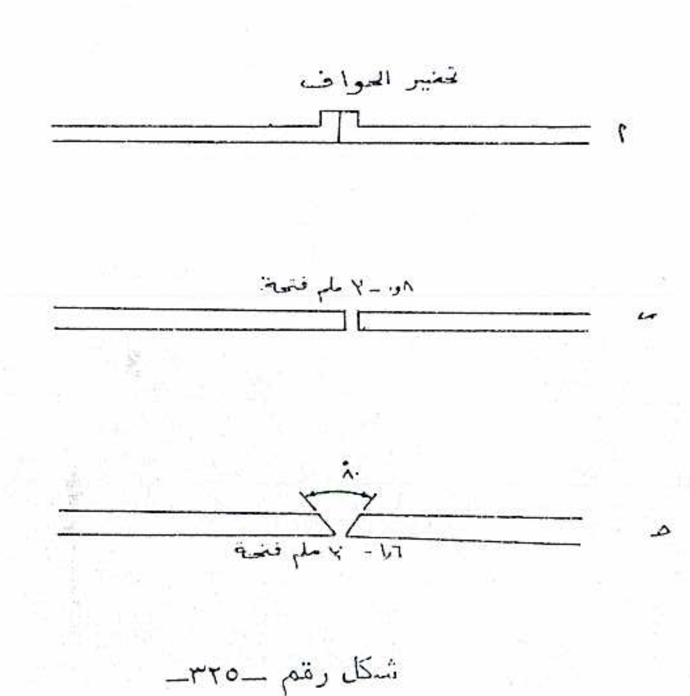
أ ــ ينبغي العمل على تكون حوض المعدن المنصهر من معدن قطعة العمل اولا ثم يغمس فيها سيخ اللحام بعد ذلك لينصهر •

ب ــ لايسمح لسيخ اللحام بان يقطر بل يغمس في حوض المعدن برفق ثم يسمح له بالانصهار فيه في اثناء الغمس فقط •

جـ ــ يحرك المشعل بثبات ودون ان يسمح له بالانحراف الى اي جانب •

تحضير الحواف :ــ

اولا في اللحام الامامي

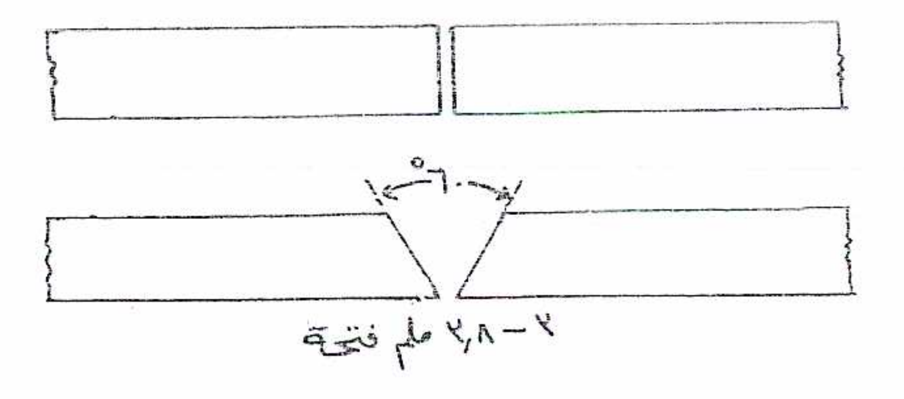


شكل رقم ــ٣٢٥ــ

وفيما يلي جدول لبعض معدلات اللحـــام الامامي :ـ

سمك المعدن ملـم	مقاس طرف المشعل ملـم	ضغط خليط غازي الاوكسجين والاسيتلين بـــار	استهلاك الاوكسجين والاسيتلين لتر / ســاعة	تحضير الحواف
٩ر٠ــ٦ر١	٩ر٠ــ١	١٤ر٠	٢٨	A
	٢ر١ــ٢	١٤ر٠	٥٧	A
٤ر٢ــ٣	٢ــ٣	١٤ر٠	٨٦	B
	٦ر٢ــ٥	١٤ر٠	١٤٠	B
٣ــ٤	٢ر٣ــ٧	١٤ر٠	٢٠٠	C
	٤ــ١٠	٢١ر٠	٢٨٠	C

ثانيا في اللحام الخلفي

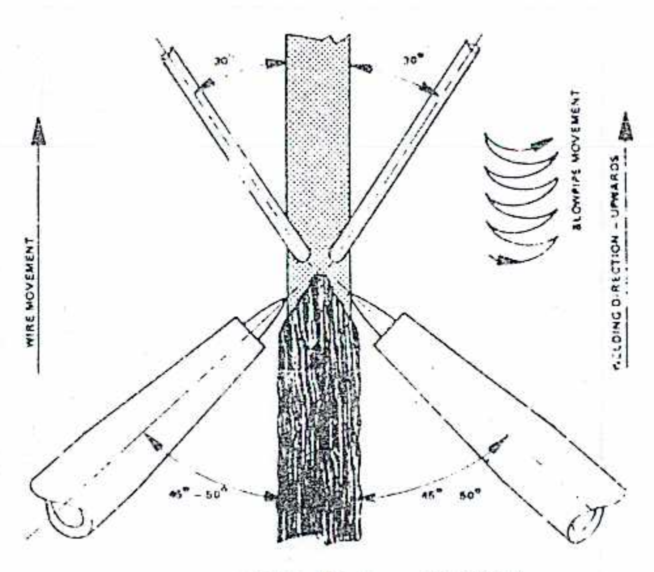


شكل رقم ــ٣٢٦ــ

سمك المعدن ملـم	مقاس طرف المشـعل ملـم	ضـغط خليط غازي الاوكسجين والاسيتلين بـار	استهلاك الاوكسجين والاسيتلين لتر / سـاعة	تحضير الدواف
٨ر٤–٢ر٨	٥–١٣	٢٨ر٠	٣٧٠	A
	٥ر٦–١٨	٢٨ر٠	٥٢٠	A
	٢ر٨–٢٥	٤٢ر٠	٧١٠	A
٢ر٨–١٥	١٠–٣٥	٦٣ر٠	١٠٠٠	B

اللحـــام الرأسي

يلاحظ ان تحضير الدواف من العمليات المكلفة في اللحام حيث تحتاج الى وقت وتستهلك كمية اكبر من معدن الملىء والغازات المستعملة ،في حين تستهلك الحواف المربعة الشكل والتي لاتحتاج في الغالب الى عمليات تشغيل تستهلك كميات قليلة من معدن الملىء والغازات المستعملة الا انها محدودة بحد اقصـى لسمك المعدن ٢ر٣ ملم في اللحام الامامي مثـــلا ولكن في اللحام الرأسي نستطيع اللحام بدون عمـل V الى سمك ٨ر٤ ملم هذا ويمكن الوصول بها الى حد سمك ١٦ ملم اذا اتبعت طريقة اللحام بواسطة عاملي لحام في نفس الوقــت حســب الشـــكل رقم (٣٢٧) ٠ ٠



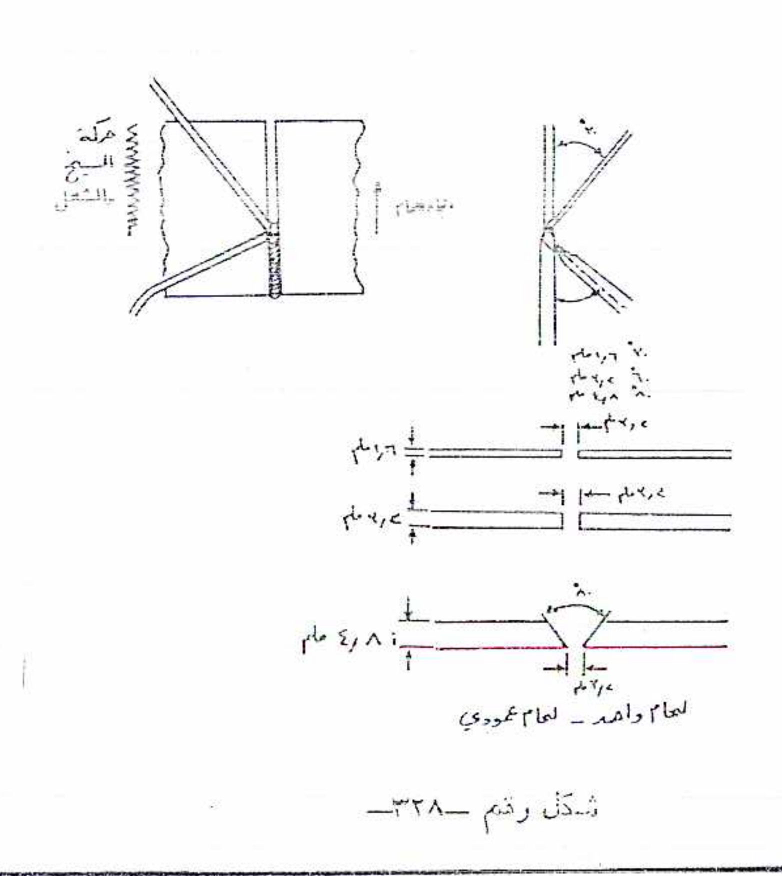
DOUBLE-OPERATOR VERTICAL WELDING

شكل رقم –٣٢٧–

واللحام الرأسي بواسطة عامل لحام واحد ولحد سمك ٤٫٨ ملم لايحتاج الى مهارة عالية التحكم في حوض المعدن ويمكن تنفيذ اللحـــام مـــن اسفل الى أعلى ويكون سيخ اللحام متقدم علـــى اللهــب كما في اللحام الامامى او ان يكون من اعلى الـــى أســـفل حيث يمكن الاحتفاظ بحوض المعدن في مكانه بواسطة ضغط اللهب نفسه وفى هذه الحالة يكون سيخ اللحام خلف اللهب كما في اللحـــام الخلفي ، وفي طريقة اللحام من اسفل الى اعلـــى يكون على عامل اللحام استخدام المعدن المتجمـد للتو واللحظة كساند الى حوض المعدن المتكون وان يرتقي بهذا الوضع صاعدا الى اعلى وعليه ان يلاحظ في البداية تكون مايشبه الثقب في وصلة اللحـــام وان يحاول باستمرار ملئها والصعود بها الى اعلـــى حتى تكون النفاذية بصورة جيدة ولاتكون هنـــاك حاجة لعمل لحام من خلف الوصلة •

في حالة لحام الواح ذات سمك قليل يلاحظ ان تكون حركة المشعل قليلة بين جانبي وصلة قطعـــة العمل اما اذا زاد سمك الالواح فتكون حركـــة المشعل عادية على هيئة اقواس مترددة بين جانبـــي قطعة العمل للحصول على صهر جيد لوصلتي قطعة العمـــل •

ايضا يلاحظ ان الزاوية بين المستوى الرأســـي لقطعة العمل وبين المشعل تزداد بزيادة سمك قطعة العمل كما بالشكل رقم (٣٢٨) •



شكل رقم ـ٣٢٨ـ

اللحام بواسطة عاملي لحام

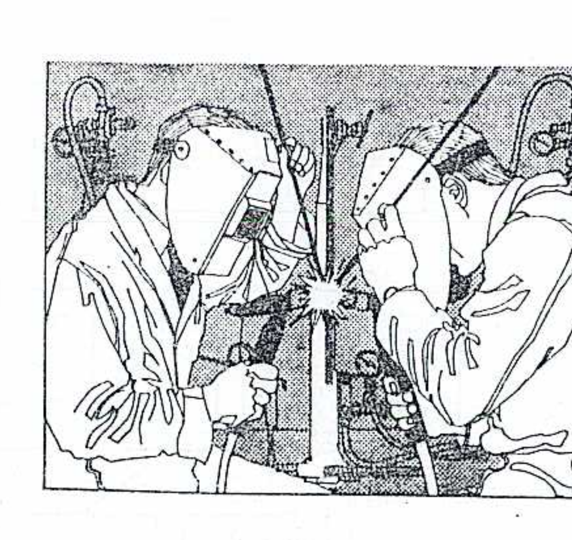
في هذه الحالة يقوم أثنان من عمال اللحام بتنفيذ الوصلة في نفس الوقت وتجهز المشاعل من نفس الحجم وايضا يراعى ان يكون ضغط خليط الغاز متساوي ويفضل ان تكون تغذية الغازات من نفس المصدر ويمكن في هذه الحالة استعمال طرف مشعل ذو مقاس اصغر بالنسبة لسمك المعدن وايضا يكون استهلاك الغازات اقل مما لو تم تنفيذ الوصلة بواسطة عامل لحام واحد ، ويوجه المشعلين على زوايا متساوية من خط اللحام كما بالشكل رقم (٣٢٩) ٠

ومن ميزات هذه الطريقة انه يمكن لحام الواح ذات سمك كبير ولحد ١٦ ملم بدون تحضير الحواف كما يمكن توفير معدن المليء والغازات المستعملة في حدود ٥٠٪ ٠

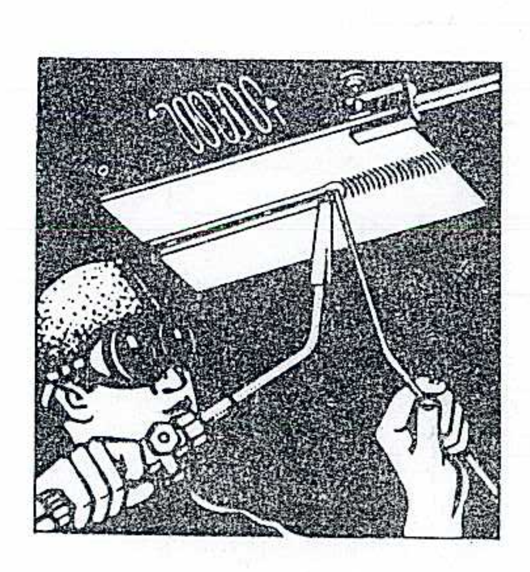
اللحام فوق الرأس

في اللحام فوق الرأس يجب ان يكون طرف المشعل قريب للغاية من حوض المعدن والزاوية بين المشعل وقطعة العمل تقريبا متعامدة او مائلة قليلا على المستويين المتعامدين على قطعة العمل كما بالشكل رقم (٣٣٠) ٠

ويلاحظ انه في هذا الوضع يكون الحصول على تداخل جيد penetration صعبا لان اللهب المطلوب لعمل تداخل جيد يكون من الصعب العمل به خشية تساقط معدن اللحام المنصهر



شكل رقم ٣٢٩



شكل رقم ٣٣٠

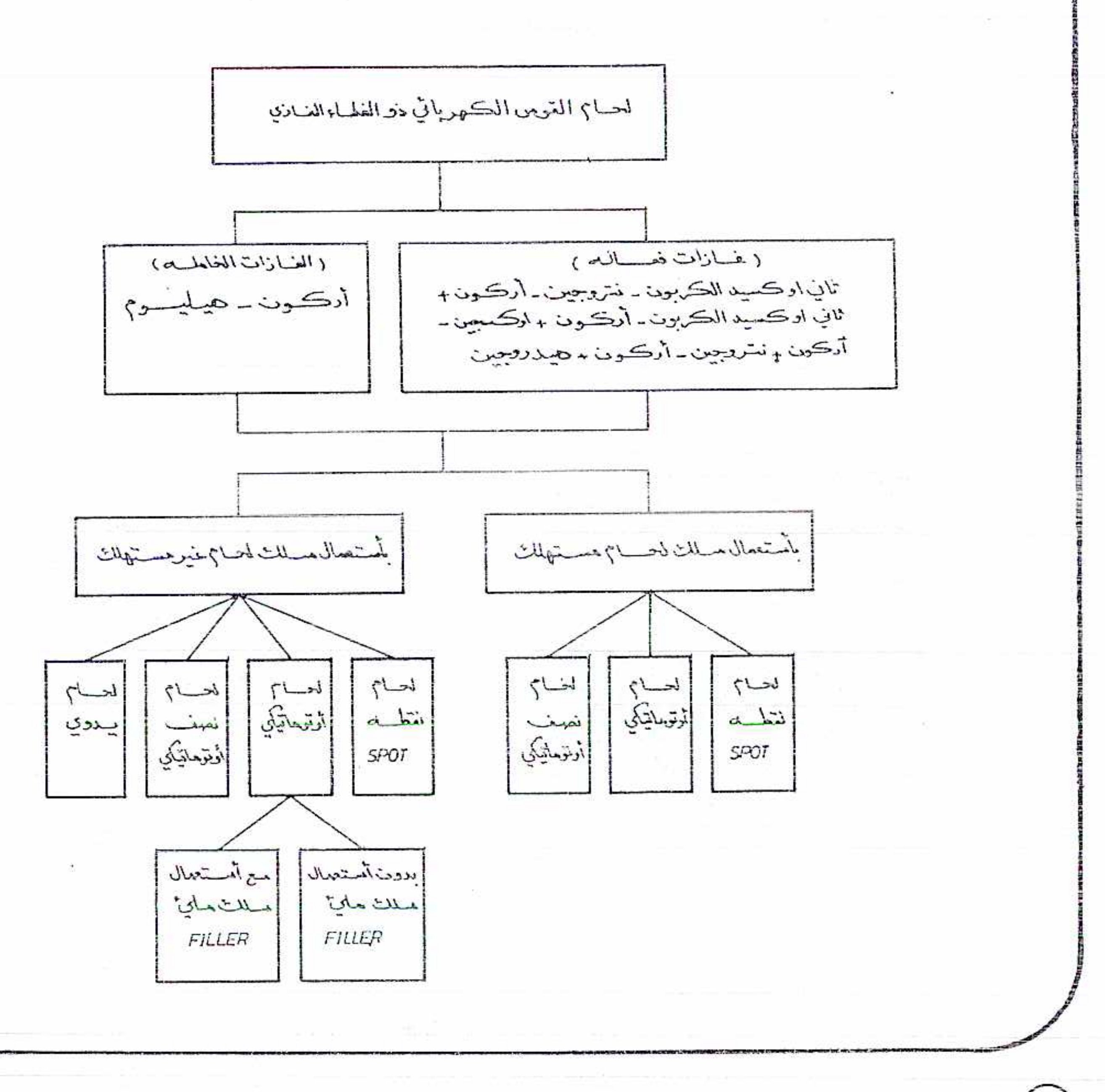
سابعا : الطرق الحديثة في اللحام ::

اعداد المهندس /

علي احمد مصطفى

لحام الغاز الخامل – لحام بثاني أوكسيد الكربون – لحام بخليط من الغازات

لقد تظافرت الجهود والمحاولات لاستعمال طرق اقتصادية وسريعة في عملية عزل قوس اللحام عن الجو المحيط بواسطة استعمال الغازات الخاملة او التي لاتتفاعل مع حد من المدن المنصهر والمخطط الاتي يوضح تصنيف كامل لاستعمال الغطاء الغازي لقوس اللحام •

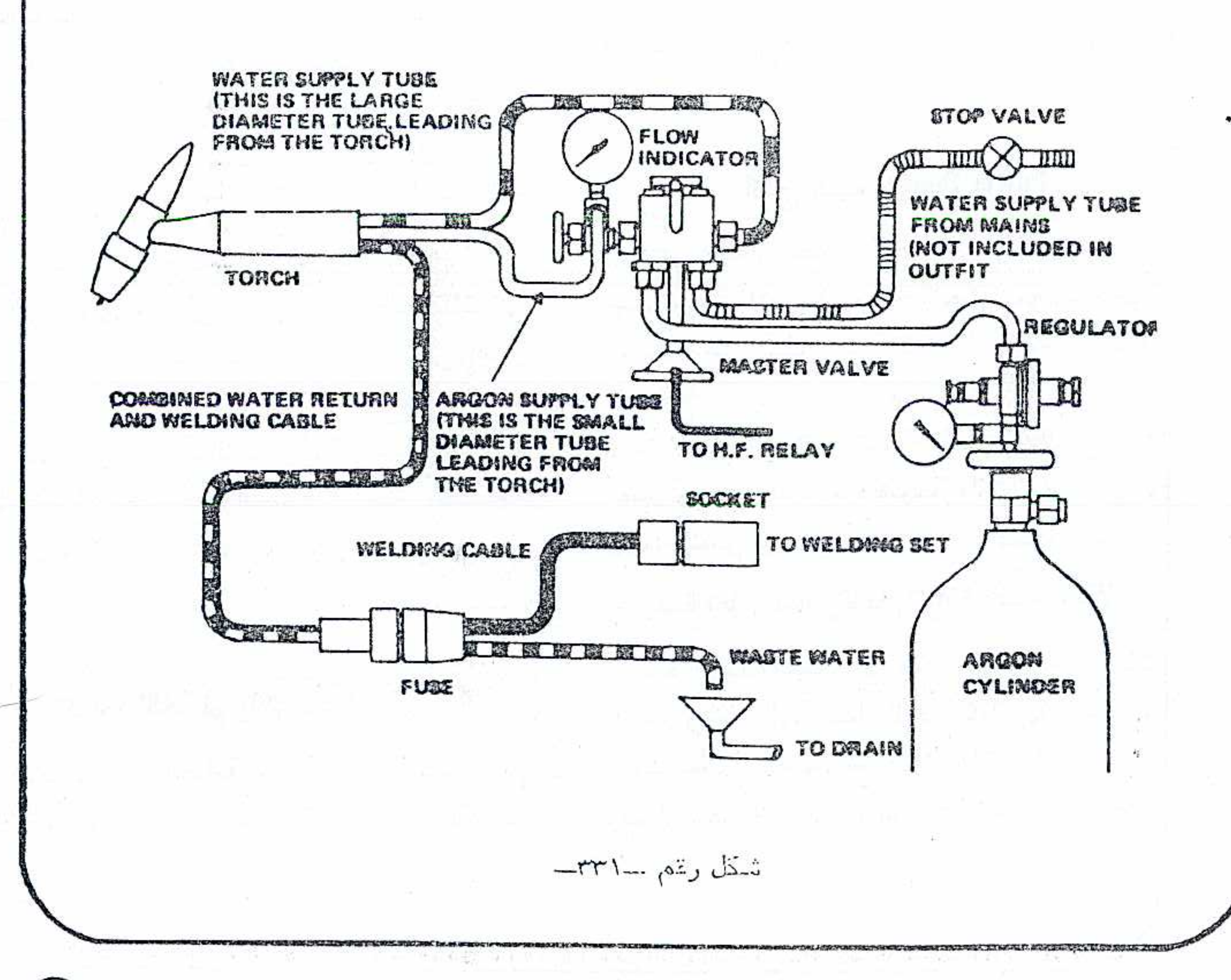


١ ــ لحام الغاز الخامل باستعمال قطب من التنجستين غير المستهلك ولحام قوس البلازما

Tungsten electrode, Inert Gas shielded welding processes (TIG), and plasma arc process

من المعروف أن لحام الالمنيوم وسبائك المغنيسيوم بواسطة لهب الاوكسي ــاستيلين او بواسطة القوس الكهربائي اليدوي محدود باستعمال انواع خاصة من مسحوق اللحام Flux ذات تأثير سيء من ناحية التآكل Corrosive ولقد امكن باستعمال قطب من التنجستن يغلفه تيار من غاز الأركون الخامل لحام مثل هذه الانواع من المعادن وكذا مجموعة كبيرة من السبائك الحديدية بدون استعمال Flux .

وفيما يلي رسم تخطيطي لماكنة اللحام بالاركون



شكل رقم ــ٣٣١ــ

وفي هذه الطريقة من اللحام يستعمل التيـــار المتقطع .A.C في لحام المعـــــادن ذات السطوح المؤكسدة مثل الالمنيوم وســــــبائكه والمغنيسيوم وسبائكه والبرنز الالمنيومي بينمـــا يستعمل التيار الثابت .D.C في لحام الصلب الكربوني والصلب السبائكي والصلب المقـــاوم للحرارة والفولاذ والنحاس وسبائكه والنيـــكل وسبائكه والتيتانيوم والزركونيوم والفضة وفـــي هذا النوع من اللحام يتكون القوس الكهربائي بين قطب من التنجستين غير مستهلك وبين قطعة العمل بينما يغطي القوس وحوض المعدن وسلك اللحـــام بتيار مستمر من غاز الارجون الخامل يعزل منطقة اللحام عن الجو وميزة قطب التنجستين الحار أنـــه يؤين ذرات غاز الارجون ويتكون بنسب متعادلـــة من الاليكترونات والايونات الموجبة ويصبح تيـــار بلازمي غازي • وعلى عكس القوس الكهربائــــي الاعتيادي فان قطب التنجستين لاينتقل الى معدن الشعلة ويتبخر بكميات ضئيلة للغاية ولذا يعـــرف بانه قطب غير مســـتهلك — وفي الغالـــب تضـــاف كميات ضئيلة من بعض العناصر في صنع قطـــب التنجستين لتحسين اطلاق الاليكترونات •

ماكينات اللحـــام بالارجـــون

هناك نوعيات مختلفة من ماكينات اللحـــــام بالارجون ولكن أكثر الماكينات أستعمالا هي الماكينات النصف الاوتوماتيكة وفيها يكون التحكم في المشعل يدوي ولكن تغذية سلك اللحام اوتوماتيكي وكـــذا انبعاث غاز الارجون المغلف بطريقة اوتوماتيكية • وتتكون الماكينة من ثلاث وحدات رئيسية هي وحدة انتـــاج القـــوة Power Source ووحدة تغذية سلك اللحاموالغاز wire feed unit ومشعل اللحام welding gun عدا المعدات الاخرى مثل اسطوانة الغاز والقابلـــو وصوندات الغاز واجهزة التحكم والقياس •

وحدة أنتاج القوة Power Source

وهي الوحدة القادرة لاعطاء التيار الكهربائـــــي بالمواصفات المطلوبة لعملية اللحام ومجهزة لتمكين أنتقال معدن سلك اللحام الى قطعة العمل ســـواء بطريقة الرش أو الغمس spray or dip welding وطاقة هذه الماكينات تتراوح مابين ٥٠الـــى ٦٠٠ أمبير وفولتيه الدائرة المفتوحة مابين ٢٠ الـــى٧٠ فولت وتنتج تيار ثابت او متردد وحسب الطلب •

وحدة تغذية سلك اللحام Wire Feed Unit

هذه الوحدة تتحكم في معدل سرعة تغذية سلك اللحام والغاز الى مشعل اللحام كما أنها مصـــممة بحيث يمكنها التعامل مع أسلاك لحام ذات نوعيات واقطار مختلفة • فهناك اسلاك الالمنيوم والنحاس

الطرية وهناك أيضا اسلاك الصلب السبائكي ذو الصلابة الشديدة وعادة تكون أقطار الاسلاك المستعملة في مثل هذا النوع من الماكينات تتراوح بين ٦ر٠الى ١٫٦ ملم ٠ ٠

مشعل اللحام

هناك تصميمات واشكال مختلفة لمشعل اللحام حسب طبيعة وظروف العمل ولكنها كلها تشترك في أن مشعل اللحام يمكنه تغذية السلك والغاز بالمعدلات المطلوبة ٠ وغالبا مايكون مشعل اللحام مبردا بالماء أو الهواء غير أن المشعل المبرد بالماء نجده ثقيل الوزن ومتعب أثناء العمل ٠

هناك أيضا بعض التصميمات الحديثة لمشعل اللحام مثل المشعل الذي تعمل بداخله تربينه هوائية تساعد وحدة التغذية في سحب السلك بصورة منتظمة ودقيقة ٠ كما وهنالك المشاعل التي يمكن عن طريقها التحكم في وحدة التغذية وهي توفر لعامل اللحام الجهد والتوقف عن العمل للذهاب الى وحدة التغذية بين فترة واخرى ٠

الغازات المستعملة

يستعمل غاز الارجون بدرجة النقاوة التجارية ٩٩٫٩٩٦٪ في لحام المعادن السابقة الذكر ولكن في لحام معدن التيتانيوم يتطلب نقاوة تامة لغاز الارجون ٠ وأذا أضيف غاز الهيدروجين بنسبة٥٪ الى الارجون فان ذلك يعطى سرعة لحام أعلى أو أختراق penetration أكبر في لحام الفولاذ stainless steel وسبائك النيكل٠

ويمكن أستعمال غاز النيتروجين في لحام النحاس على قطعة عمل من النحاس غير المؤكسد فقط ٠

في الامكان أيضا أستعمال غاز الهليوم في لحام الالمنيوم وسبائكه ولحام النحاس ولكنه اكثر كلفة من غاز الارجون نظرا لقلة كثافته واحتياج عملية اللحام الى حجم أكبر من نظيره غاز الارجون حتى يتم غطاء القوس الكهربائي بدرجة كافية ٠ ان أي تغير قليل في طول القوس يؤثر بدرجة كبيرة على ظروف وحالة اللحام ولذا نرى أن اللحام اليدوي بغاز الهليوم ليس بسهولة اللحام بغاز الارجون ٠ ولكن اللحام الاوتوماتيكي للالمنيوم بغاز الهليوم وباستعمال تيار ثابت يعطي تداخل أو أختراق أكبر وسرعة لحام عالية ٠

أسس التشغيل ؟

يفضل دائما أن يتم تنظيف السطح قبل اللحام بواسطة البخار أو السوائل المنظفة أو بطرق ميكانيكية من أي زيوت او شحوم أو دهون أو صدا

ولانطلاق القوس يتبع أحدى الطرق الاتية :ـ

١ ـ نبدأ بتماس للحظة واحدة بين قطب التنجستين وقطعة العمل ثم يسحب الى الوراء بسرعة لمسافة قصيرة ٠

٢ ـ باستعمال جهاز خاص يطلق شرارة بين القطب وقطعة العمل يسهل بعدها أستمرار القوس وفي حالة أستعمال التيار المتردد في اللحام .A.C فانه يفضل أستخدام جهاز منظم القوس

high-frequency arc stabilizer

واستخدام الطريقة الثانية في أنطلاق القوس •

أما في حالة أستعمال تيار ثابت في اللحام D.C ففي الغالب لانحتاج الى أستخدام مثل هـــذه الاجهزة • ولايقاف عملية اللحام بسحب المشعل سريعا الى الوراء بعيـدا عـن قطعـة العمـل او بقطـع التيـار الكهـربائي • وغالبـا ما تتبـع الطريقة الاولى في حالة استعمال تيار مستمر D.C.

أما الطريقة الثانية فهي مناسبة عند أسـتعمال تيار متـردد A.C. •

أن أستعمال معدن للملىء Filler metal يعتمد على سمك قطعة العمل وتصميم الوصـلة وخصائص وصلة اللحام المطاوبـة • وفي حالـة أستعمال معدن للملىء فان ذلك يتم بصورة مشابهة للحام الاوكسي أسيتلين فيتم تغذية معدن الملىء ميكانيكيا أو يدويا من جانب القوس لينصهر في حوض المعـدن السائـل •

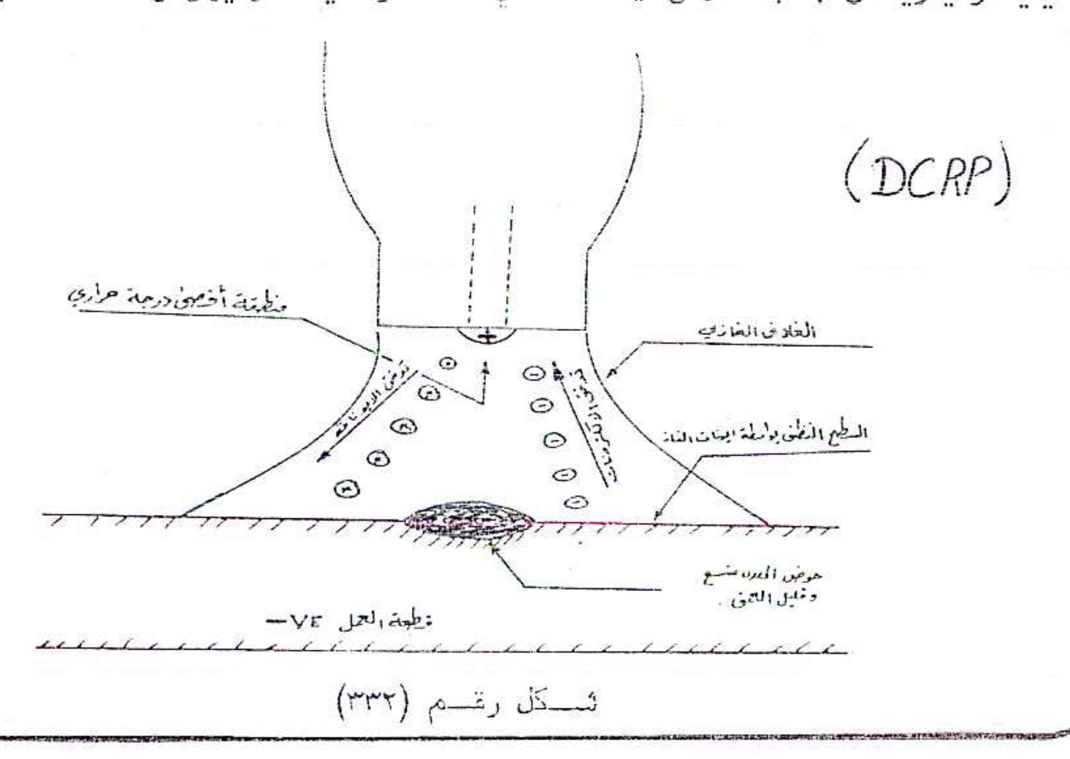
استعمال تيار مستمر وقطبيه معكوسة

Direct current reverse polarity (D.C.R.P.)

من المعروف في أستعمال الغازات الخاملـة وخصوصا في لحام الارجون وباستعمال D.C.R.P. عند لحام معادن ذات أكاسيد فخارية Refractory oxides مثل الألمنيـوم وسـبائكه فانه بعد عملية اللحام تظهر منطقة لامعة ونظيفـة على جانبي خط اللحام تصغر أو تكبر حسـب خصائص القوس والغازات المستعملة •

وهناك عدة تحليلات لهذه الخاصية منها أنه في حالة D.C.R.P. يكون قطب التنجسـتين موصل بالقطب الموجب وقطعة العمل موصلة بالقطب السالب وعليه فأن تيار من الاليكترونات السالبـة تتدفق من قطعة العمل الى قطب التنجسـتين ممـا يجعل طبقة الاكاسيد السطحية تتكسر •

وتحليل اخر يرى أن هذه الخاصية نتيجة قـذف



شـكل رقـم (٣٣٢)

أيونات الغاز الخامل المندفعة الى قطعة العمـــل السالبة وهي صورة مصغرة لعملية التنظيف بالرمل Sand blast ومما يرجح هذا الرأي هـو تشابه السطح اللامع تحت الميكروسكوب بالسطح المنظف بالرمل وان تأثير هذه العملية على سطح المعدن في حالة أستعمال غاز الهليوم أو الارجون متناسب تقريبا مع الاوزان الذرية للغازين •

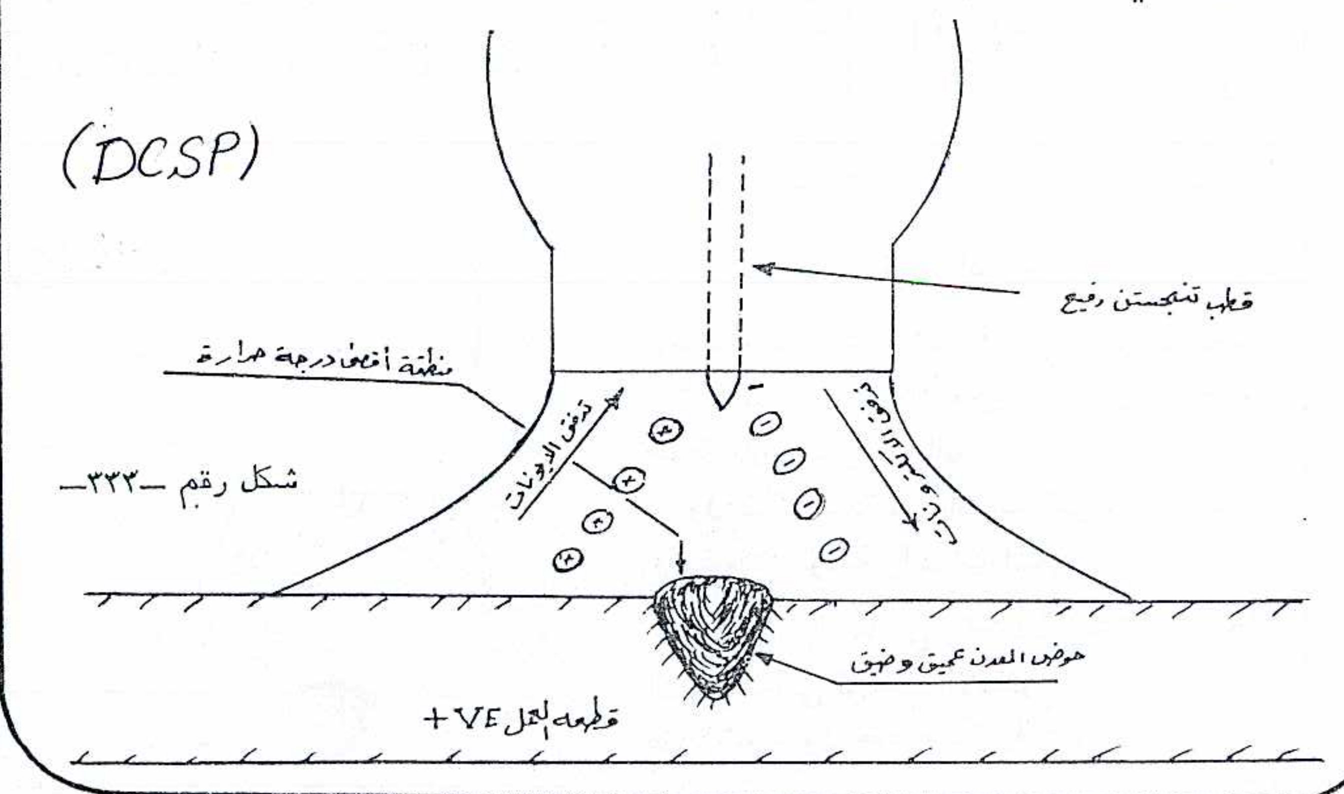
وعملية تنظيف السطح أثناء عملية اللحام تلعب دورا هاما في لحام معدن الالمنيوم وسبائكه والمغنسيوم وسبائكه والتي يصعب لحامها بطرق أخرى بدون أستعمال Flux مناسب لازالة طبقة الاوكسيد • وعندما يكون قطب التنجستين متصل بالقطب الموجب .D.C.R.P فـان الاليكترونات المتدفقة من قطعة العمل تصطدم بـه وتزيد من درجـة حرارتـه •

ولذا نرى أنه في هذه الحالة يجب أن يكون قطر قطب التنجستين كبير لحد ما فيكون بحدود ١/٤ انج تقريبا عند لحام قطعة عمل من الالمنيوم سمك ١/٨ أنج وبتيار ١٢٥ أمبير • وحيث أن الاليكترونات في هذه الحالة تسخن قطب التنجستين بدلا من قطعة العمل فنرى أن حوض المعدن متسع وذو عمق قليل• وهذه الطريقة .D.C.R.P قليلة الاستعمال لانها تستهلك أقطاب التنجستين سريعا ولكنها تفيد في لحام رقائق المعادن •

استعمال تيار مستمر وقطبية معتدلة

Direct Current Straight Polarity D.C.S.P.

في هذه الحالة يكون قطب التنجستين متصل بالقطب السالب وعليه فان تدفق الاليكترونات يكون من قطب التنجستين الى قطعة العمل المتصلة بالقطب الموجب وبسرعة عالية • ويتدفق تيار من أيونات الغاز الموجبة في أتجاه قطب التنجستين



شكل رقم ـ٣٣٣ـ

ولكن بسرعة منخفضة، وعند أصطدام الاليكترونات بقطعة العمل فان ذلك يولد حرارة تزيد من درجة حرارة القوس وبذلك تسخن قطعة العمل بدرجة اكبر ٠

* وتستعمل هذه الطريقة .D.C.S.P في لحام جميع المعادن عدا الالمنيوم والمغنيسيوم ٠ ويكون حوض المعدن في هذه الحالة أعمق واضيق من الحالة السابقة .D.C.R.P وعليه تكون الاجهادات الداخلية اقل تركيزا وشدة وتنخفض مشاكل الشقوق الحارة hot cracking ٠

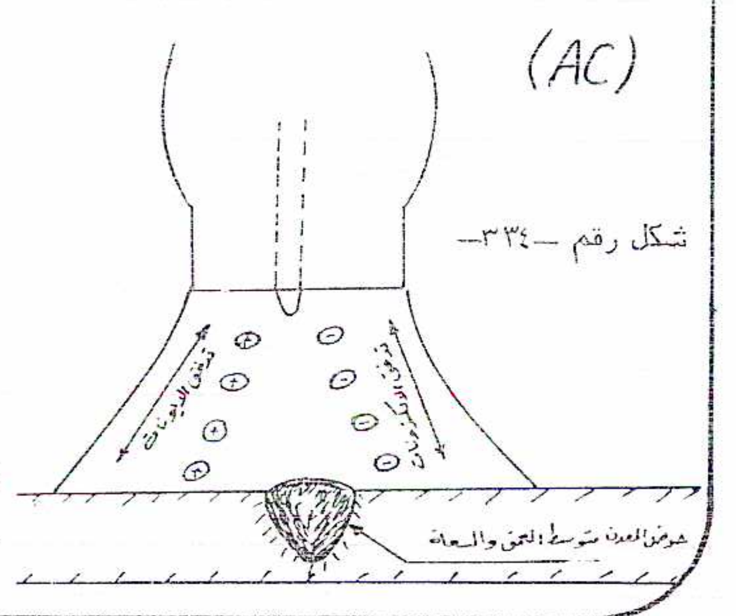
DCRP
DCSP

في هذه الحالة أيضا تكون سرعة اللحام عالية وتقل بصورة كبيرة مشاكل التشوه والالتواء ٠

ولكون الحرارة المتكونة في القوس اعلى عند قطعة العمل فأنه يمكن استعمال اقطار رقيقة من التنجستين عن الحالة السابقة ٠

أستعمال تيار متردد Alternating Current

في هذه الحالة تتبادل قطعة العمل وقطب التنجستين القطبية بينهما بمعدل تردد التيار وتكون

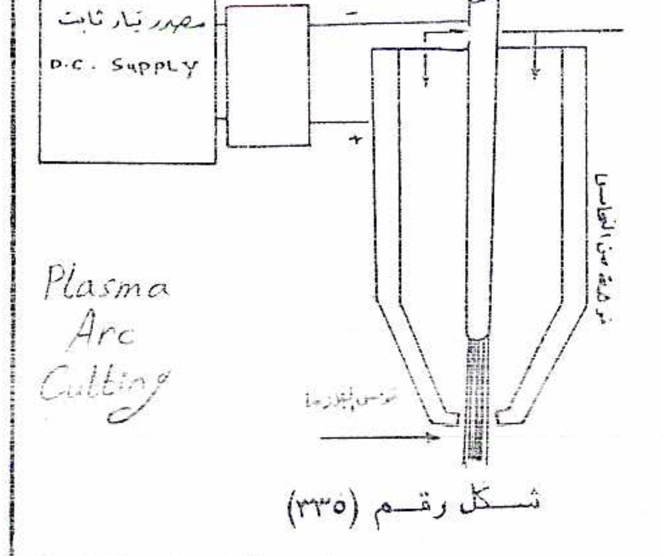


شكل رقم —٣٣٤—

درجة الحرارة متساوية في كلا الجهتين ولهذا يكون عمق وسعة حوض المعدن متوسط بين الحالتين السابقتين وكذلك أيضا قطر قطب التنجستين ٠

لحام قوس البلازما Plasma Arc Process

يكون الغاز في حالة متأنيه اذا كانت ذراته أو جزيئاته قد اكتسبت شحنة كهربائية سواء تم ذلك بفقد أو أكتساب الاليكترونات ٠ وجميع العناصر يمكن أن تتاين بالتسخين عند درجات حرارة مختلفة ويسمى هذا (التأين الحراري)



شكل رقم (٣٣٥)

ويختلف عنصر عن الاخر في كمية الحرارة المطلوبة حتى يتم التاين بتركيز معين فمثلا غاز الارجون يسهل تاينه عن غاز الهليوم ٠

وفي كتلة محددة من غاز متاين توجد الالكترونات والأيونات الموجبة والذرات المتعادلة سوية ٠

ويقصد بالبلازما هي حالة الغاز المتاين والمتعادل الشحنة بمعنى أن عدد الاليكترونات متعادل مع عدد الايونات وفي هذه الحالة (البلازما) — تكون موصلة

كهربائيا وتتاثر بالمجالات المغناطيسية الكهربائيــة وللحصول على قوس البلازما يوضع قطب التنجستين متمركز في فوهة Nozzle من النحاس مبردة بالماء ومتصلة بالقطب الموجب كما في الشكل ٣٣٥

ويستعمل قوس البلازما في قطع المعادن وذلك بتصميم خاص للمشعل وميزة قوس البــــــلازما خصوصا عند أستعمال تيار منخفض من ١و٠ الى١٥ امبير Micro-Plasma Arc يكون القوســ اكثر أستقرارا من قوس TIG ـــ كما يلاحظ أن قوس البلازما ذو شكل أنبوبي ويتراوح طوله مــن ٨و٠ الى ١٣ ملم في حين يكون قوس TIG مخروطي الشكل ومعنى ذلك أنه في لحام البلازما لايؤثر طول القوس على عملية اللحام والحــرارة الناتجة • ويكون القوس مركز في مجال ضـــــيق ويعطى حوض صغير من المعدن المنصهر • ويستعمل في لحام الفولاذ والحديد المقاوم للحرارة والنيــكل وسبائكه والتيتانيوم والزركونيوم والمعادن النادرة•

٢ ـــ لحام الغاز الخامل المعدني وثاني أوكسيد الكاربـــون وخليـــط الغازات

Metal Inert Gas (MIG), CO2 and Mixed Gas Processes

يستعمل في هذا النوع سلك مستهلك ملفوف على بكرات ويكون أحد أقطاب الدائرة الكهربائية وهــو غير مغطى وتستعمل غازات لتغليف القوس منها غاز الارجون وثاني اوكسيد الكربون او خليط مــن غاز الارجون مع الاوكسجين أو ثاني أوكسيد الكربون •

ومصدر القوة ومعدات اللحام شبيه بمعــدات لحام قطب التنجستين TIG فيما عدا مشـــعل اللحام ونوع التغذية بالغاز وفي لحام تنشأ الصعوبات أذا زادت شدة التيار عن ٣٠٠ أمبــير ولكن في لحام MIG لاتظهر هذه المشاكل ونستطيع القيام بلحامات كبيرة بطاقة عالية في معــــــدلات ترسيب معدن االلحام ويستعمل غاز الارجــــــون بصورة خاصة في لحام الرقائق في حين يفضل غاز الهليوم في لحام المعادن السميكة ذات التوصــــيل الحراري الجيد مثل النحاس وسبائكه والالمنيوم• أما غاز ثاني أكسيد الكربونيستعمل بصورة رئيسية في لحام الحديد والصلب ومميزاته أنه يعطي سرعة لحام واختراق أو تداخل جيد وينتج وصلة لحــام جيدة ومطابقة للمقاييس العالمية في حالة الفحصــ بواسطة X-Ray كما أنه أرخص في التكاليف • غير أنه من عيوبه زيادة التطشر مالم يكن القوســ قصــير جــــــدا •

ثامنـــا

" اللحام الناجح وكيفية تحقيقه "

أعداد المهندس / علي أحمد مصطفى

يمكن القول بان عملية اللحـــام ناجحـــة أذا أستطعنا الحصول على وصلة لحام ذات متانـــة Strength أعلى من المعدن الاصلي بحيـــث أذا تعرضت الوصلة لاجهادات زائدة لاي سبب سواء كان لسؤ التحميل أو لغرض الاختبار فان أنهيـــار المعدن يجب أن يكون بعيدا عن وصلة اللحام وعن منطقة التاثير الحراري لوصلة اللحام ٠

وللحصول على وصلة لحام جيدة فان ذلك يعتمد الى حد كبير ليس فقط على كفاءة اللحام وأمكانياته الفنية ولكن أيضا على مدى أهتمامه وأعتنائه بعملية اللحام والتحضير لها ٠ وفي الغالب فانكثير منعيوب اللحام تكون نتيجة أهمال اللحام وعدم ملاحظتـــه وأنتباهه أثناء العمل للتغيراتالتي تطرأ على ظروف العمل ٠ كما يجب أن لايغيب عن الذهن انه ليســ معنى اللحام الجيد أن نصرف جهد ووقت وتكاليف زائدة في وضع كمية زائدة من معدن اللحام نحن في غنى عنها بل أن ذلك يعتبر من عيوب اللحام والتي تكون سبب في زيادة التشوه لقطعة العمل ٠ ولكـــن اللحام الجيد هو الذي يتم بالصورة الصـــحيحة والكافية لمتانة الوصلة المطلوبة وكذلك باقل تكاليف وجهـــد ممكـــن ٠

مشاكل اللحـــام وطـــرق التغلب عليها ٠٠

١ ــ مظهر اللحام وشكله الخارجي

قد يكون مظهر وشكل اللحام الخارجي من أكثر الاشياء الملفتةللنظر وعليهيعتمد الىحد كبير علىمدى الثقة في وصلة اللحامسواء كان ذلك من قبل المفتش Inspector أو المستهلك ٠

أســـبابه

١ ــ عدم الاعتناء بتنظيف اللحام بعد الانتهاء مـــن كـــل تمريـــره pass ٠
٢ ــ عدم التحضير الجيد لحافات وصلة اللحام ٠
٣ ــ ضعف الامكانيات الفنية لعامل اللحام
٤ ــ عدم ضبط التيار المناســب ٠
٥ ــ الاخفاق في أختيار نوع السلك المناســـب حسب معدن قطعة العمل ونوع ووضع اللحام ٠

العـــلاج

١ ــ الاهتمام بتنظيف الخبث Slag جيدا بعد كل تمريرة pass وكذلك المعدن المتطـــاير spatter من جانبي خط اللحام ٠
٢ ــ التحضير الجيد لوصلة اللحام مـــن حيـــث سعة وشكل الفتحة Gap ونظافة الحافة مـــن الدهـــون والصدا والاوساخ ٠
٣ ــ الاختيار الصحيح لسلك اللحام وجعـــل حركة النسج Weave منتظمة وبمعدل سير ثابـــت ٠
٤ ــ يجب عدم أستعمال تيار أعلى من المكتوب بارشادات الجهة الصانعة بغية الاسراع من عملية

Spatter
Under cut تحفر حواف اللحام

اللحام أو تلافي مشاكل التصاق السلك وضــياع القوســـس •

٥ ــ يجب أختيار السلك حسب وضع اللحــام (أفقي ــ رأسي ــ فوق الرأس) وأذا تعذر وجود سلك اللحام المناسب لوضع اللحام فيجب محاولة تغير وضع قطعة العمل حتى تتم عملية اللحام فــي الوضع المصمم عليه سلك اللحام •

واخيرا فان أختيار سلك لحام يعطي قوس مستقر وناعم قد يساعدنا في الحصول على وصلة لحــام جيدة المظهر • وهذا النوع من السلك هو في الغالب النوع الذي يدخل في غطاءه برادة الحديد •

٢ ــ تطشــــر المعــــدن Spatter

تطشر المعدن ليس عيب في حد ذاته الا أنه غير مستحب المظهــر وقــد يحــدث للاســـباب التاليـــة : ــ

١ ــ أستعمال تيــار عالي جــدا ،
٢ ــ أستعمال سلك غير مناسب .
٣ ــ خطا في القطبيــة Polarity .

العـــلاج

١ ــ يجب اختيار التيار المناسب لقطر السلك وسمك قطعة العمل ويفضل الاسترشاد بتعليمات الجهــة الصانعة لسلك اللحام في هذا المجال فقد تختلــف ايضا شدة التيار حسب نوع الغطاء ومكوناته.

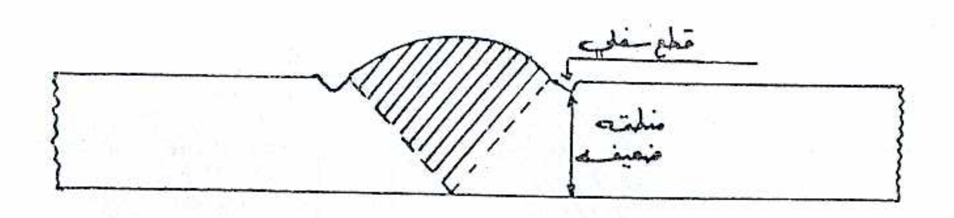
٢ ــ التاكد من صحة القطبية Polarity حسب نـــوع الســـلك •

٣ ــ أستعمال قطر سلك مناسب لسمك المعــدن المـــراد لحامـــه.

٤ ــ واخيرا يجب التاكد من أن نوع السلك ليس من صفاته التطشر وكما سبق القول فان الســـلك الذي يدخل في مكونات غطاءه براده الحديد يعطي قوس مستقر وناعــم وتطشر قليل •

٣ ــ القطــع السـفلى Under Cut

يعتبر القطع السفلى under cut أكثر من عيب عادي لشكل اللحام بل يتعدى ذلك الى كونه ذات تاثير فعال على خواص هيكل وصلة اللحام كمـــا بالشـــكل رقــم (٣٣٦)



شكل رقم ٣٣٦

⇛ Fatigue Stress ⇛ Repeated Load.
⇛ Incomplete Penetration : Lack of Penetration

كما أنه تحت ظروف تشغيلية معينة تكون منطقة under cut ذات اجهادات داخلية عالية وذات تاثير سيء على أنهيار الوصلة تحت تاثير أجهادات الكلل fatigue stress ولذا نرى أن الفاحص عادة يرفضهاويطلب أزالة اللحامتماما واعادة لحامه.

اســـبابه : ــ

١ ــ تيـار اللحــام عالي .
٢ ــ قطر سلك اللحام اكبر من المناسب لسـمك المعـــدن .
٣ ــ أختيار غير موفق لنوع سلك اللحام .
٤ ــ أستعمال سلك في وضع معين غير مصمم له السلك أساسـا .

العـــلاج

١ ــ يستعمل تيار مناسب لسلك اللحام وكذلك أجتناب زيادة سرعة اللحــام .
٢ ــ أستعمال سلك لحام ذو قطر مناسب لسمك المعــدن أو أصــغر .
٣ ــ أجتناب أن يكون حوض المعدن كبير ويلاحظ أن الحركة الموجيه المنتظمة للحام Weave تمنع ظاهرة under cut في لحام Butt

غير أن الزيادة في الحركة الموجيه قد تكـون أيضا من أسباب وجود Under Cut وعند اللحام الافقي على لوح رأسي horizontal fillet weld on vertical plates قد يحدثunder cut نتيجة لقرب سلك اللحام من منطقة العمـل .

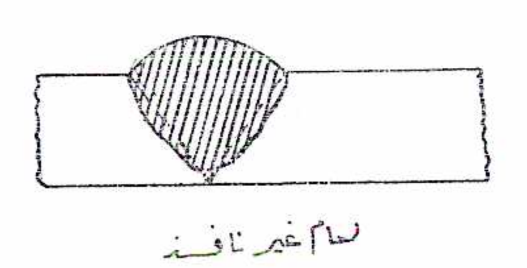
٤ ــ يجب أستعمال سلك لحام مناسب لوضـع اللحام ومصمم لهـذا الغـرض .

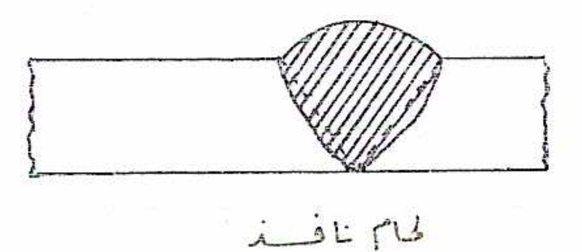
٤ ــ لحـــام غـــير نافـــذ

أن عدم كمال النفاذية للحام يسيء كثيرا لوصلة اللحام وقد يحدث أنهيار وصلة اللحام نتيجـــة سببين : ــ

أولا ــ عدم تحمل وصلة اللحاملاجهادات وقوس التحميـل .

ثانيا ــ أمكان بدء الشقوق في هذه المناطق .


Incomplete Penetration
لحام غير نافـــذ


Complete Penetration
لحام نافـــذ

شـكل رقـم (٣٣٧)

الاسـباب : ـــ

١ ـــ سرعة لحـام عاليـة •
٢ ـــ تحضير رديء لحافة وصلة اللحام
٣ ـــ تيار اللحام غير كافي (منخفض)
٤ ـــ قطر السلك المستعمل أكبر من اللازم

العـلاج :

١ ـــ يجب عدم الاسراع بعملية اللحام.

٢ ـــ يجب التأكد من وجود فتحة Gap كافية بين جزئي قطعة العمل • يمكن تحضير وصلتي قطعة العمل من الخلف وعمل لحام من الخلف ـــ اذا كان سمك قطعة العمل ٥ملم أو اكثر ويفضـل تشـذيب حافات قطعة العمل مع ترك فتحة كافية •

٣ ـــ يجب التأكد من استعمال شـدة تيـار مناسـبة لاعطـاء اختـراق او تداخـل كافـي proper pentration او استعمال اسلاك لحام لها خاصية التداخل العميق •

٤ ـــ يجب استعمال اسلاك رفيعة في حالـة لحام الاخاديد الضيقة •

٥ ـــ الصهر غير كافي

كثيرا مايرتبط الصهر غير الكافي مع اللحـام غير النافذ وغالبا لايمكن الكشف عن هذا العيب الا بواسطة الفحص الشعاعي ولذا نرى ان هذا العيب خطير للغاية حيث يمكن وجوده في لحام مظهـره الخارجي جيد وقوي •

الاسـباب :ـــ

١ ـــ عدم ضبط تيار اللحام •
٢ ـــ عدم صحة طريقة اللحام
٣ ـــ الفشل في تحضير حافة قطعة العمل بصـورة صـحيحة •
٤ ـــ أختيار خاطىء لسمك سلك اللحـام •

العـلاج :ـــ

١ ـــ يجب عدم نسيان ان قطعة العمل ذات السمك الكبير تحتاج لشدة تيار اعلى من السـمك الاقل بالنسبة لقطر معين من سلك اللحـام ويجب التأكد من استعمال شدة تيـار عالـي بدرجة مناسبة لتحقيق صهر جيـد لمعـدن اللحام واختراق كافي لمعدن قطعة العمل •

٢ ـــ لاستعمال الاسلوب الصحيح في عملية اللحام يجب الاهتمام بالنسج الجيذ والمريض بحيث يكون كافي لصهر جانبي حافة قطعة العمل •

٣ ـــ بعد تحضير حافة قطعة العمل يجب التأكـد من أن سطوح الحافة نظيفة وخالية من المواد الغريبة •

٤ ـــ يجب استعمال اسلاك ذات اقطار صـغيرة تكون كافية للوصول الى عمق حافـة قطعـة العمـل • •

٦ ـــ التشـويه Distortion

ينشأ التشويه في قطعة العمل نقيجة لتركيـز الحرارة في اجزاء معينة من حافات قطعة العمل بينما يبقى باقي الجسم باردا واذا حاولنا منـع هذه التشوهات بواسطة رباطات خارجية تفـي بالغرض فان ذلك يؤدي الى ظهور الاجهادات الداخلية •

الاسـباب :ـــ

١ ـــ الفشل في اتباع طريقة مناسبة في اللحام تبعا لشكل قطعة العمل •

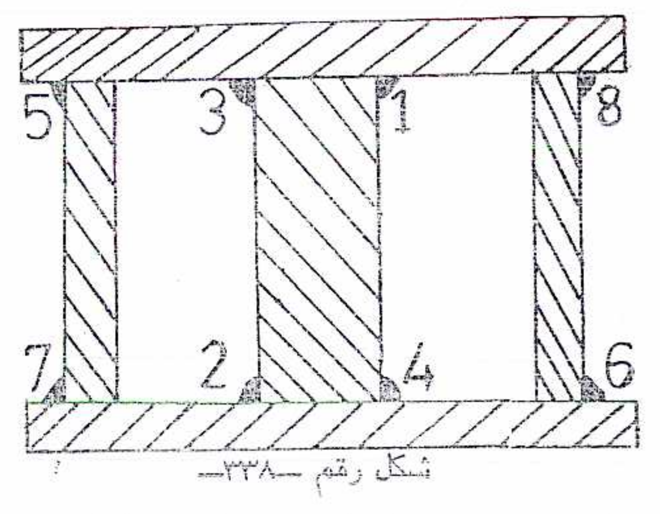
٢ ـــ عدم التحكم في كمية الحرارة المعطاة لوصـلة اللحـام •

٣ ـ عدم التحكم في قوى الانكماش المتولدة عن انجماد حوض المعدن السائل .

٤ ـ الفشل في تثبيت قطعة العمل بصورة مناسبة لطريقة اللحام وشكل المنشأ .

العلاج :ـ

١ ـ قبل البدء في محاولة لحام قطعة معقدة يجب دراسة الطريقة المثلى لتنفيذ اللحامات المطلوبة وتتابع تنفيذها كما في الشكل رقم (٣٣٨).



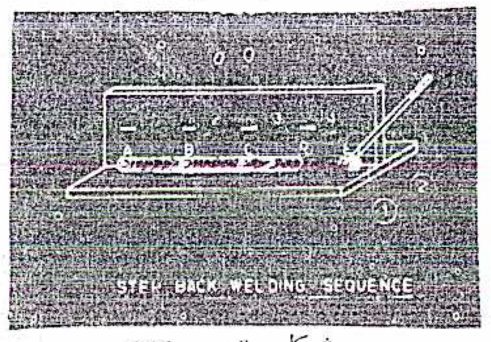
شكل رقم ـ ٣٣٨ ـ

تتابع عمليات اللحام في محاولة لتقليل التشوه

٢ ـ يجب اعطاء عناية خاصة لتوزيع حرارة اللحام وذلك باتباع احدى الطرق الاتية :ـ

أ ـ تتابع اللحام بطريقة التقدم الى الخلف

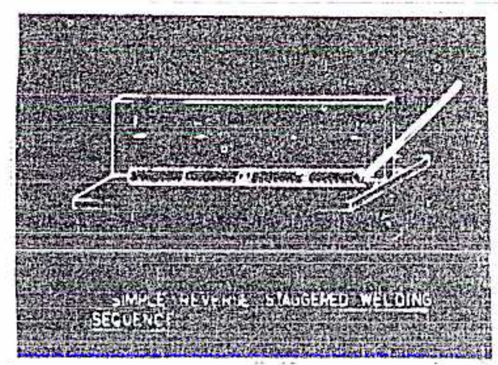
Step Back welding sequence.



شكل رقم ـ ٣٣٩ ـ

ب ـ تتابع اللحام بطريقة عمل خطوات متعاكسة بسيطة .

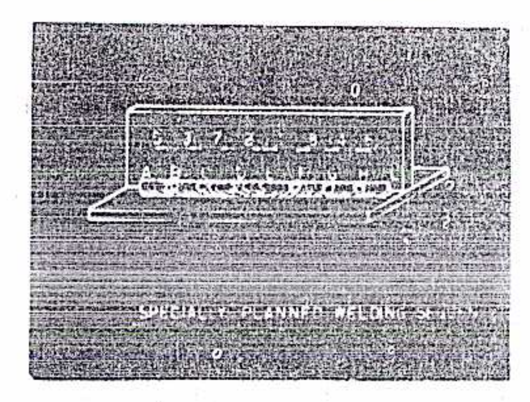
Simple reverse staggered welding sequence.



شكل رقم ـ ٣٤٠ ـ

جـ ـ تتابع عمليات اللحام حسب خطة خاصة مدروسة .

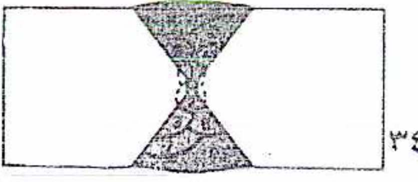
Specially planned welding sequence.



شكل رقم (٣٤١)

٣ ـ قد يفيد تقليل التشويه التسخين المبدئي لقطعة العمل Work Piece وخاصة للالواح ذات السمك الكبير .

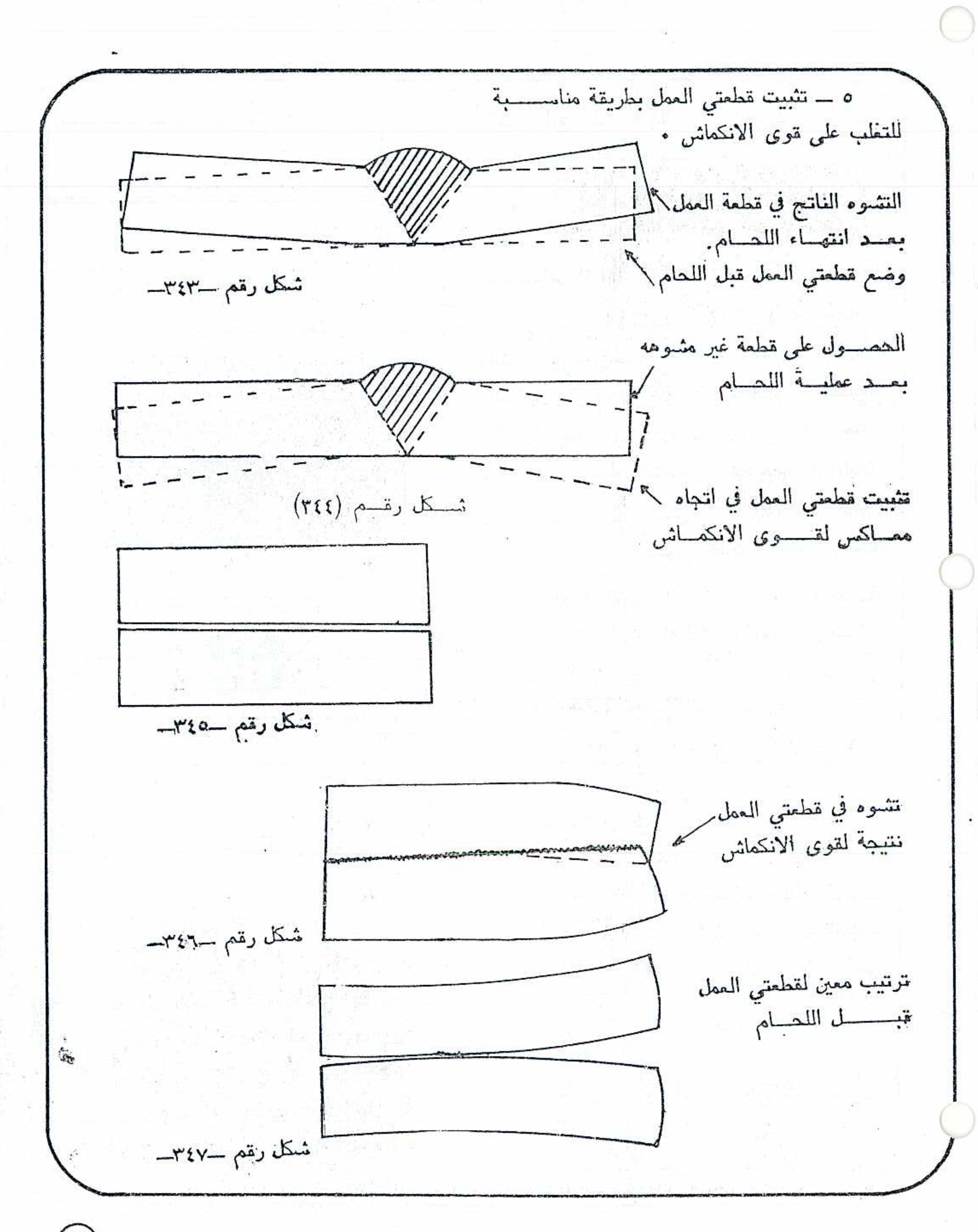
٤ ـ يمكن الاستفادة من قوى الانكماش بحيث تتوازن مع بعضها البعض .



شكل رقم ٣٤٢

Misalignment ⟹ Distortion

٥ ــ تثبيت قطعتي العمل بطريقة مناسبة للتغلب على قوى الانكماش .



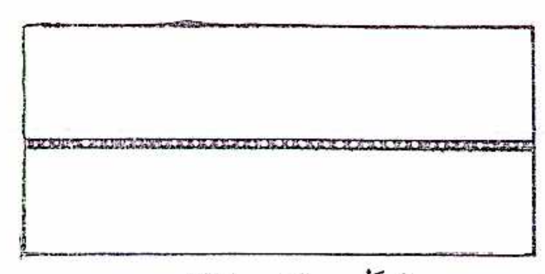
شكل رقم ـ٣٤٣ـ

شكل رقم (٣٤٤)

شكل رقم ـ٣٤٥ـ

شكل رقم ـ٣٤٦ـ

شكل رقم ـ٣٤٧ـ



شكل رقم ـ٣٤٨ـ

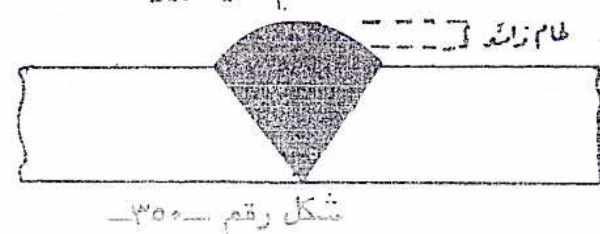
الحصول على لحام جيد بدون تشويه

٦ ـ ان الحصول على وصلة لحام قوية غير مرتبط بتاتا بتكويم لحام زائد



شكل رقم ـ٣٤٩ـ

وصلة لحام قوية وجيدة



شكل رقم ـ٣٥٠ـ

اللحام الزائد يزيد من التشويه لاضافة حرارة زائدة غير مرغوب فيها مع عدم الحصول على متانة زائدة .

٧ ـ الشقوق Cracks

تعتبر الشقوق من اخطر عيوب اللحام . فوجود شق يعني انهيار وصلة اللحام اما بعد اللحام مباشرة أو عند التشغيل مالم يتم تصليحه . وهناك عدة أنواع من الشقوق التي تعتبر نقطة ضعف خطيرة في وصلة اللحام يجب ازالتها واعادة لحامها من جديد ولكن اهتمامنا الان خاص بطرق المعالجة المناسبة بحيث نحصل على وصلة لحام خالية من الشقوق .

من أشهر واهم أنواع الشقوق والتي تحدث في معدن اللحام او المناطق المجاورة: شقوق نهاية اللحام Crater cracks

ـ شقوق تحت خط اللحام under head cracks

والشقوق الطولية Longitudinal cracks

والشقوق التي تحدث على طول حافة وصلة اللحام كثيرا ماتعرف بشقوق المقدمة Toe cracks

ايضا توجد شعيرات الشقوق Hairline cracks داخل معدن اللحام وشقوق ميكرو Micro-cracks

ورغم تعدد انواع الشقوق واماكن تواجدها وتعدد اسبابها فان المعالجات الاساسية لبعض الاخطاء تفي بالحصول على وصلة لحام جيدة خالية من الشقوق .

الاسباب :ـ

١ ـ المعدن الاساسي لقطعة العمل ذو قابلية ضعيفة لعملية اللحام .

٢ ـ تحضير غير جيد لوصلة اللحام .

٣ ـ اتباع اسلوب خاطىء في عملية اللحام .

٤ ـ قد تكون وصلة اللحام غير قابلة للتمدد

٥ ـ احتمال ان تكون وصلة اللحام صغيرة للغاية بالنسبة لحجم قطعة العمل واتصالها بباقي القطعة .

العلاج :ـ

١ ـ يلاحظ ان الحديد الحاوي على نسبة عالية من الكبريت او الفسفور يكون حساس بدرجة عالية لحدوث الشقوق ولذا يفضل عدم محاولة

لحام مثل هذه الأنواع من الفولاذ وفي الحالات الاضطرارية يجب استعمال اسلاك لحام من النوع واطيء الهيدروجين للتقليل من احتمال حدوث الشقوق • وعند لحام الحديد العالي الكاربون (الحاوي على نسبة اكثر من ٤٥ر٠٪ كاربون) يجب تسخين قطعة العمل قبل البدء في عملية اللحام preheat

٢ ــ يجب الاهتمام بتحضير وصلة اللحام وأن تكون الفتحة مضبوطة حسب سمك المعدن وحسب نوع تحضير الحافة ويجب ان تكون حافتي وصلة اللحام نظيفة تماما وخالية من الزيوت أو الشحوم والأوساخ والرطوبة

٣ ــ يجب الاهتمام بطريقة اللحام وتتابع عمليات اللحام ويجب ملاحظة ان تكون نهايتي قطعة العمل الخارجية والموازية لخط اللحام حرة الحركة بحيث تعطي مجال لقوى الانكماش •

٤ ــ يجب الاهتمام بالحركة الموجية أو النسج weaving اثناء اللحام لاعطاء حجم كافي وصهر جيد لمعدن اللحام • كما يفضل اتباع احدى الطرق السالفة الذكر في لحامات بشكل staggered حتى لاتتركز الاجهادات الداخلية وتتزايد على طول خط اللحام •

٥ ــ كما ان التسخين المبدئي لقطعة العمل يساعد كثيرا ويقلل من احتمال حدوث الشقوق • كما يمكن التغلب على شقوق نهاية خط اللحام craters بملئها جيدا قبل تغيير سلك اللحام •

٦ ــ اذا كان سلك اللحام المستعمل من النوع سريع الالتقاط للرطوبة فيجب التأكد من تجفيفه جيدا في درجة حرارة مناسبة ولفترة كافية • حسب توصيات الشركة الصانعة

(٧) ــ يجب التأكد من صحة تصميم الوصلة وان اللحامات ليست في مناطق صعبة التمدد لتعطي مجال لقوى الانكماش •

٨ ــ واخيرا يجب ملاحظة ان يكون حجم اللحام كاف لتحمل قوى الانكماش الناتجة من التغير الحراري للقوى وان يكون حجم اللحام كبير بدرجة كافية اذا كان اللحام بين لوحتين ذو سمك عالي او بمعنى اخر التأكد من أن حجم اللحام مناسب لحجم قطعة العمل •

٨ ــ المسامية Porosity

عادة لاتمثل المسامية مشكلة خطيرة في اللحامات مالم تكن منتشرة بصورة واسعة على طول خط اللحام كما ان الثقوب السطحية تعطي منظر غير مقبول للعين وقد تكون نقاط ضعف يبدأ عندها انهيار الكلل fatigue failure أو انتشار التآكل.

وهناك بعض العيوب الاخرى القريبة الشبه من المسامية مثل الثقوب الانبوبية والفجوات الهوائية والشوائب Blow holes, Gas pockets and slag Inclusion
وجميع هذه العيوب تضعف اللحام بصورة اكبر من وجود المسامية ذات الحجم المكروسكوبي •

الاسباب :ــ

١ ــ من اهم العوامل المسببة للمسامية هي رداءة

المعدن المراد لحامه

٢ ــ طريقة اللحام المستعملة غير صحيحة •

٣ ــ عدم مناسبة سلك اللحام المستعمل او تلفه •

العلاج :ــ

١ ــ يجب التأكد من المعدن المراد لحامه بحيث لايساعد على حدوث المسامية،جميع أنواع الحديد التي تحتوي على نسبة عالية من الكبريت او الفوسفور او السيليكون ينشأ عند لحامها تكوينات غازية تسبب تواجد الفجوات الهوائية والثقوب في وصلة اللحام • ايضا بالنسبة للمعادن غير الحديدية والتي بها اكاسيد فان تواجد الاوكسجين اثناء عملية اللحام يساعد على تكوين وصلة مسامية ــ أذا كان معدن قطعة العمل به خطوط وتعريجات من الخبث والشوائب فان ذلك يساعد على حدوث المسامية •

٢ ــ الاهتمام بطريقة اللحام وترسيب معدن اللحام بصورة جيدة وقد يساعد على ذلك عدم استعمال تيار عالي والتأكد من ان كل طبقة من طبقات اللحام خالية من الشوائب والخبث ومسحوق اللحام قبل البدء بوضع الطبقة الثانية • يراعى ترك حوض المعدن المنصهر لمدة كافية حتى تتسرب الغازات الذائبة الى الخارج وذلك بالنسج الجيد والبطيء لحد ما في سرعة اللحام • فاذا نفذ اللحام بواسطة نسج غير جيد أو بوضع خطوط رفيعة متجاورة من معدن اللحام ساعد ذلك في تكون الفجوات الهوائية والثقوب •

٣ ــ هناك بعض أنواع اسلاك اللحام تعطي معدن صلد بدون ثقوب وخاصة النوع واطيء الهيدروجين • وفي حالة استعمال القوس الغاطس Submerged Arc يجب التأكد من نوع المسحوق المستعمل flux وملائمته لنوع معدن قطعة العمل • ايضا يجب الاهتمام بتجفيف اسلاك اللحام من الرطوبة قبل استعمالها بالنسبة للانواع الحساسة لالتقاط الرطوبة •

٩ ــ اللحام الهش Brittle weld

ان اللحام الهش سريع الكسر غير مرغوب فيه تحت اي ظرف فانه يجعل من وصلة اللحام وصلة ضعيفة تنهار عند التحميل الكامل للقطعة او عند تعرضه لاي صدمة مفاجئة • وخطورة هذا العيب انه يصعب اكتشافه بالعين المجردة وقد تبدو وصلة اللحام جيدة ونظيفة ولكن الوصلة تنهار عند التشغيل او أن يكون عمر استخدامها قليل للغاية • ولذا يجب تلافي هذا العيب اذا اريد لوصلة اللحام عمر أستخدام مناسب ويجب التأكيد أن هذا العيب غير مرغوب فيه أذا كان المطلوب وصلة لحام ذات صلادة عالية مقاومة لتآكل الاحتكاك •

الاسباب :ــ

١ ــ من اهم الأسباب لتكوين وصلة لحام هشة هي استعمال كميات حرارية عالية في وصلة اللحام وذلك يتأتى باستعمال تيار عالي او فولت عالي وسرعة لحام بطيئة •

٢ ــ في لحام الحديد ذو نسبة كاربون عالية او الحديد السبائكي Alloy Base steel

بدون التحضيرات والاحتياطات المناسبة ٠

٣ ــ التحضير غير الجيد لوصلة اللحام ٠

٤ ــ الفشل في أختيار سلك لحام مناسب لنوع العمليـة ٠

العـلاج :ــ

١. ــ يجب مراعاة عدم استخدام كميات حرارية عالية في اللحام حتى لاتكبر بلورات المعدن او تحترق ويصبح المعدن هش ٠

٢ ــ أذا كانت ظروف عملية اللحام ذات قابلية لتكوين وصلة هشة يجب اعطاء عناية خاصة لاختيار معدن قطعـة العمل ولايبدأ بعملية اللحام مالم تكن نتيجة التحليل الكيمياوي معروفة وايضا خصائص عملية اللحام ٠ وفي بعض الحالات قد يمتص معدن اللحام بعض العناصر السبائكية من معدن قطعة العمل ويتركها صلدة وهشة وباستعمال تيار كهربائي التداخل والامتزاج ٠ واستعمال عدة طبقات واطىء وسرعة لحام عالية قد تقلل من حدوث من اللحام تجعل الطبقات العليا تحتوي على نسب ضئيلة من العناصر السبائكية واكثر متانـة ٠

٣ ــ واتباع طريقة غير مناسبة في اللحـام او في تحضير قطعتي العمل قد تنتج وصلة لحام هشة ٠ وعند لحام الحديد المتوسط الكاربون (أكثر من ٠٫٣٪ كاربون) أو بعض أنـواع الحديد السبائكي يجعل المنطقة القريبة من خط اللحام والمتأثرة بحرارة القوس هشـة نتيجة سرعة التبريد العالية ويمكن معالجـة هذه الحالة بالتسخين المبدئي لقطعة العمل مابين ٣٠٠ الى ٥٠٠° ف قبل عملية اللحام ٠ ايضا فان عملية التخمـير Annealing بعد اللحام في درجة حرارة مابين ١١٠٠ الى ١٢٠٠°ف تساعد عامة على تقليل الصلادة نتيجة عملية اللحام ٠

٤ ــ يفضل استعمال انواع اسلاك اللحام المغطاة والتي تعطي عند امتزاجها بمعدن قطعة العمل وصلة لحام غير هشـة ٠

١٠ ــ اللحام الجيـد The good weld

انه الهدف الذي نسعى اليه في الحصول على وصلة لحام جيدة واللحام غير المقبول هو ذلك الذي لايحقق الغرض المطلوب منه ٠ وهنـاك خصائص عديدة لقبول اللحام الجيد ٠ واللحام الجيد يجب ان يكون قوي ومتين وبه نسبة كافية من المرونـة والليونة Ductillity لتحمـل متطلبات الخدمة المرجوة منه ٠ وعادة تكون من الخصائص المطلوبة لحام جيد لايسرب السوائل او الغـازات وايضا في بعض الحالات ذو خصائص مقاومـة للتآكل والاحتكاك الميكانيكي والهيدروليكي واخيرا يجب ان لاننسى ان مظهر اللحام الخارجي يلعب دور مهم في تسويق المنتج ٠

وهكذا نرى ان اللحام الجيد المقبول هو الذي يعطي مظهر جيد ٠ ومتانة وقوة ووزن خفيـف وتكاليف قليلة ٠

تاسـعا : ـ فحص واختبار وصلات اللحام ؟

اعـداد المهندس /

علي احمد مصطفى حماد

ان تقييم عمليات اللحام يجب أن يتبع نظـام دقيق موضوع على اسس علمية متينة بعيدا عـن الاجتهادات الفردية فاللحام عملية صعبة تدخـل فيها متغيرات كثيرة كيمياوية وحرارية وكهربائيـة وميتالوجية بالاضافة الى العامل البشرى ولهـذا تتعرض عملية اللحام الى عيوب عديدة ومتنوعـة وبعض هذه العيوب مثل جودة اللحـام والخواص الميكانيكية والميتالورجية قد تكون مـن اختصاص المعامل ومعاهد البحوث والبعض الاخر والتي تكون بسبب نقص المهارة وقلة معلومات القائم بعمليـة اللحام وهذه بالطبع يمكن التغلب عليها بالتمريـن العلمي وزيادة المعلومات النظرية للحام .

الفحص بالعين المجردة

ان الفحص اثناء وبعد عملية اللحام قد تعطي فكرة جيدة عن متانة الوصلة وجودتها اذا كان القائم بهذا الفحص على درجة عالية من الخبرة والمهارة .

الفحص اثناء عملية اللحام ؟

اللحام بالقوس الكهربائي :ـ

يمكن مراقبة وقياس العوامل التالية :ـ

١ ـ معدل استهلاك سلك اللحام ومعدل التقـدم في خط اللحـام .

٢ ـ مقدار الصهر والتداخل penetration and fusion

٣ ـ مظهر المعدن المنصهر وكيفية تكون معـدن اللحام (عدم وجود شوائب) .

٤ ـ صلاحية القوس الكهربائي من حيث مناسبة الفولتية وشدة التيار لقطعة العمل .

اللحام بلهب الاوكسي استيلين : ـ

يمكن مراقبة وقياس العوامل التالية : ـ

١ ـ مناسبة اللهب لنوع المعدن وقطعة العمل .

٢ ـ مقدار زاوية المشعل بالنسبة لقطعة العمـل وزاوية سلك اللحام حسب الطريقة المنفـذة (اللحام الامامي او الخلفي) .

٣ ـ عمق الصهر وكمية التداخل .

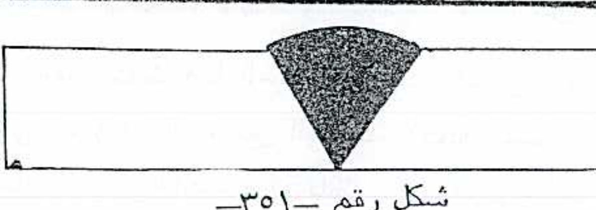
٤ ـ معدل التقدم في لحام الوصلة .

ان ملاحظة العوامل السابقة تعطـي فكـرة واضـحة لمفتـش اللحـام عـن جودة وصلة اللحام اثناء التنفيذ وهذه الطريقـة تعتبر اصلح وسيلة لاختبار اللحامين ومعرفة مقدار تقدمهـم .

الفحص بعد اللحـام ؟

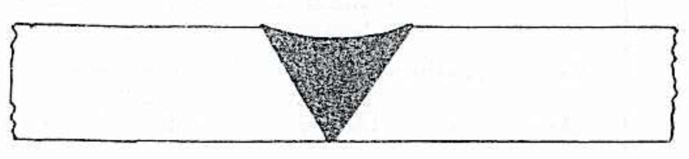
يسـتطيع الفاحـص معرفة الكثير مـن عيوب اللحام بواسطة الفحـص بالعـين المجـردة للحامات المنفذة مثل :ـ

١ ـ هل كمية معدن اللحام كافية للوصلة .



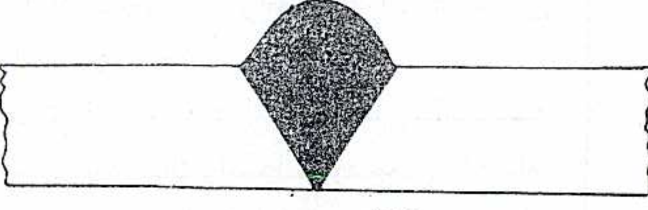
شكل رقم ـ٣٥١ـ

١- تحدب قليل ـ يعني وصلة جيدة ـ معـدن اللحام يملأ الفتحة ومناسب لمتانة الوصلة .



شكل رقم ـ٣٥٢ـ

ب ـ تقعر ـ كمية معدن اللحام قليلة ولاتتناسـب متانـة الوصـلة .

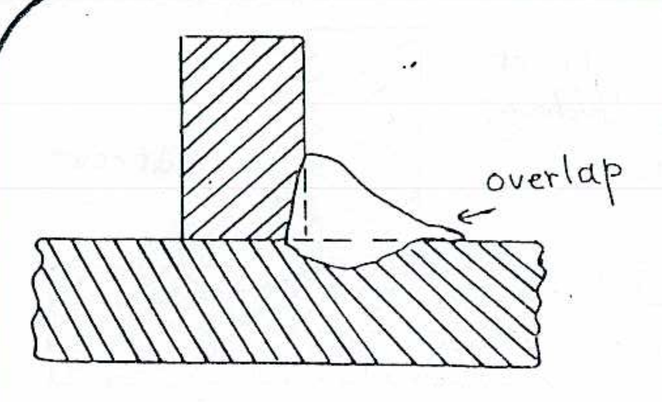


شكل رقم ـ٣٥٣ـ

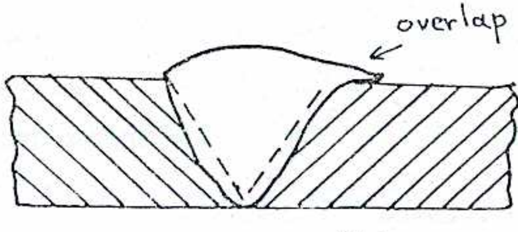
جـ ـ تحدب كبير ـ معدن اللحام اكثر مـن اللازم يمثل طاقة زائدة بدون فائدة عائدة على متانة الوصلة كما يزيد من حدوث تشـوهات Distortion واجهادات داخليـة Residual stresses لقطعة العمـل .

٢ ـ هل الوصلة على شكل نسيج متداخل (لحام جيد) او فيها ثقوب دقيقـة pin holes واماكن محترقة التي تعني أن اللهب غـير صـحيح .

٣ ـ هل هناك معدن فائض على طرفي خط اللحام ؟



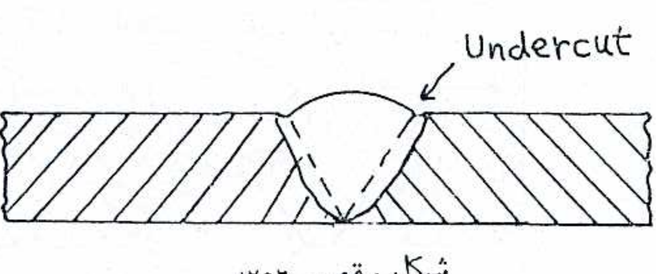
شكل رقم ـ٣٥٤ـ



شكل رقم ـ٣٥٥ـ

وينتج هذا العيـب اذا كـان التيار المستعمل عالي ـ او الانحراف الخاطىء لطرف سلك اللحام من اللحامات الافقية على سطح رأسي او بزيـادة زاوية السلك في اللحامات الرأسية الصاعدة وكذلك عدم تعامد السلك مع خط اللحام ـ وعامة يلاحـظ أن هذا النوع من العيب غالبا ما يكون مصـحوبًا بعيوب اخرى مثل الشقوق Cracks والصهر الناقص Lack fusion.

٤ ـ وجود احتراق زائد لمعدن قطعة العمل علـى جانبي خط اللحام وهو مايسمى بالقطع السفلى

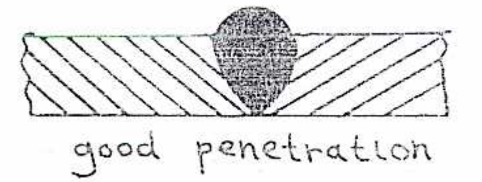


شكل رقم ـ٣٥٦ـ
Butt Welding

وقد يحدث هذا العيب بين معدن اللحام وبين معدن قطعة العمل او بين الطبقات المختلفه لمعـدن اللحام اذا كان اللحام منفذ باكثر من مرور واحـد pass لسلك اللحام • والاسباب الرئيسـية لهذا العيب شدة التيار منخفض وغير كافي وخروج سلك اللحام عن محور خط اللحام •

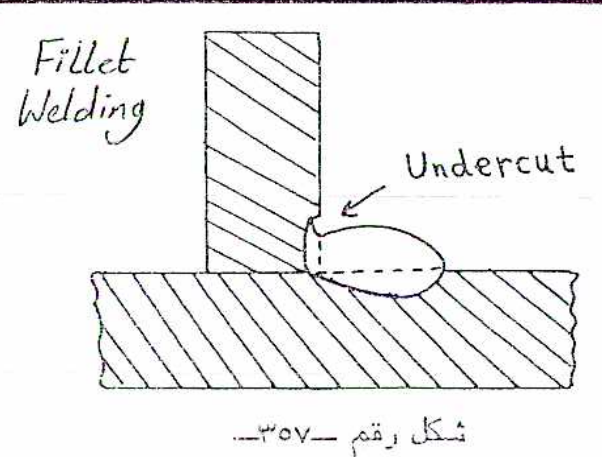
وفي لحام القوس الغاطس الاوتوماتيكي يحدث هذا العيب في اول خط اللحام ولذا ينصح باستعمال قطعة من المعدن يمر عليها القوس قبل البدء بخـط اللحام المطلوب Taps (Run-in plates) وهـذا العيب مثل العيب السابق under cut يقلل من متانة الوصلة ويجب ازالة معدن اللحام مـن منطقة العيب واعادة لحامه من جديد •

٦ ــ هل تم أختراق جيد لمعدن اللحام بقطعـة العمل ويبدو ذلك واضحا بنفوذ معدن اللحـام من قاع قطعة العمل اذا كان تحضـير وصلة اللحام على هيئة شكل V او U ــ وعدم كمال النفاذيـة Incomplete penetration يؤثر ايضا على متانة الوصلة كما يبدأ عندها الشـقوق •



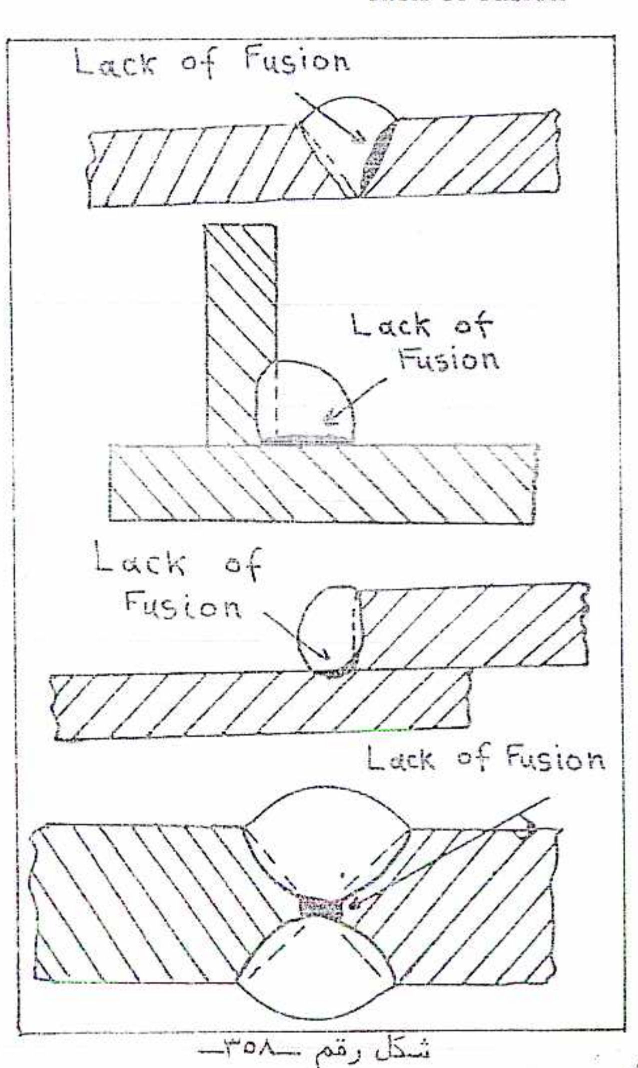


شكل رقم ــ٣٥٩ــ



شكل رقم ــ٣٥٧ــ

٥ ــ هل تم انصهار جيد بين معدن اللحام وبـين معدن قطعة العمل او ان هناك نقص في الصهر Lack of fusion .



شكل رقم ــ٣٥٨ــ

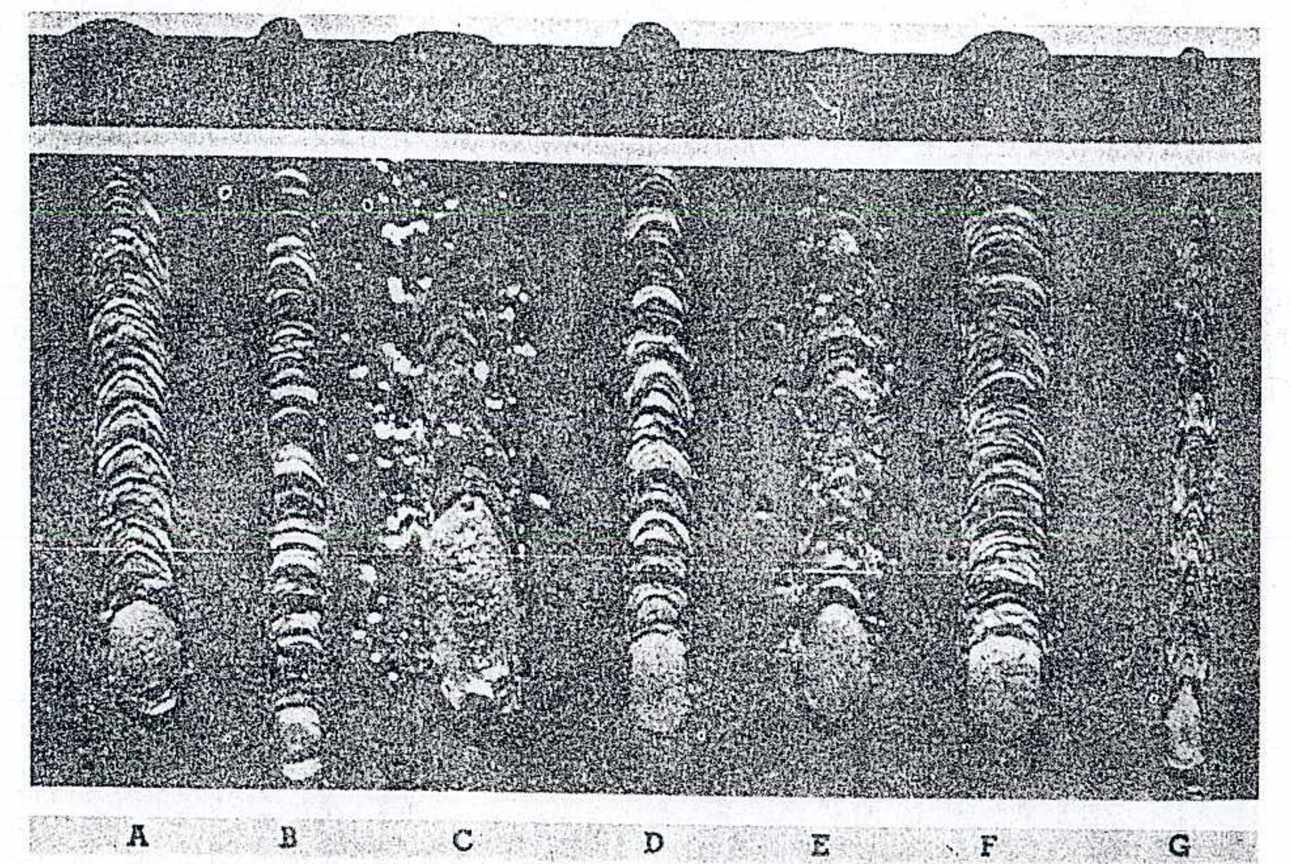
٧ — يجب أيضا ملاحظة الفوهات غير المملـــوءه unfilled caters وينشأ هذا العيــب مـــن التوقف الفجائي للقوس ويكـــون مقطع معدن اللحام في هـــذه المناطق منخفض وقد يكـــون هذا العيب مصدر لتكون الشقوق وفي بعض الحالات يجـــب ازالة منطقة الفوهة chipped out ثم اعادة ملئها جيـــدا •

٨ — الاحتراق النافذ :-

وهي عبـــارة عـــن شـــقوق محتـــرقة خـــلال معدن قطعة العمل — وقد تنشأ نتيجة زيادة الفتحة Gap بين جزئي قطعة العمل — أو ان يكون عمق الجذر غير كافي — أو أن شدة التيار عالي مصحوب بسرعة لحام بطيئة — وغالبا مايظهر هذا العيب عند لحام الالواح الرقيقة وعامـــل اللحـــام غـــير ماهر بالدرجة الكافية •

٩ — في لحام القوس الكهربائي اذا كان هنـــاك تطشر Spatter يعني ان شدة التيـــار او الفولتية زائدة عن اللازم او ان طول القوس كبير •

١٠ — ويمكن تلخيص العيوب الناتجة عن عـــدم استقرار القوس الكهربائي من الشكل رقم (٣٦٠) والجدول الاتي :— Unstable Electric Arc Defects



Plan and elevation views of welds made under various conditions. (A) Current, voltage and speed normal. (B) Current too low. (C) Current too high. (D) Voltage too low. (E) Voltage too high. (F) Speed too low, (G) Speed too high.

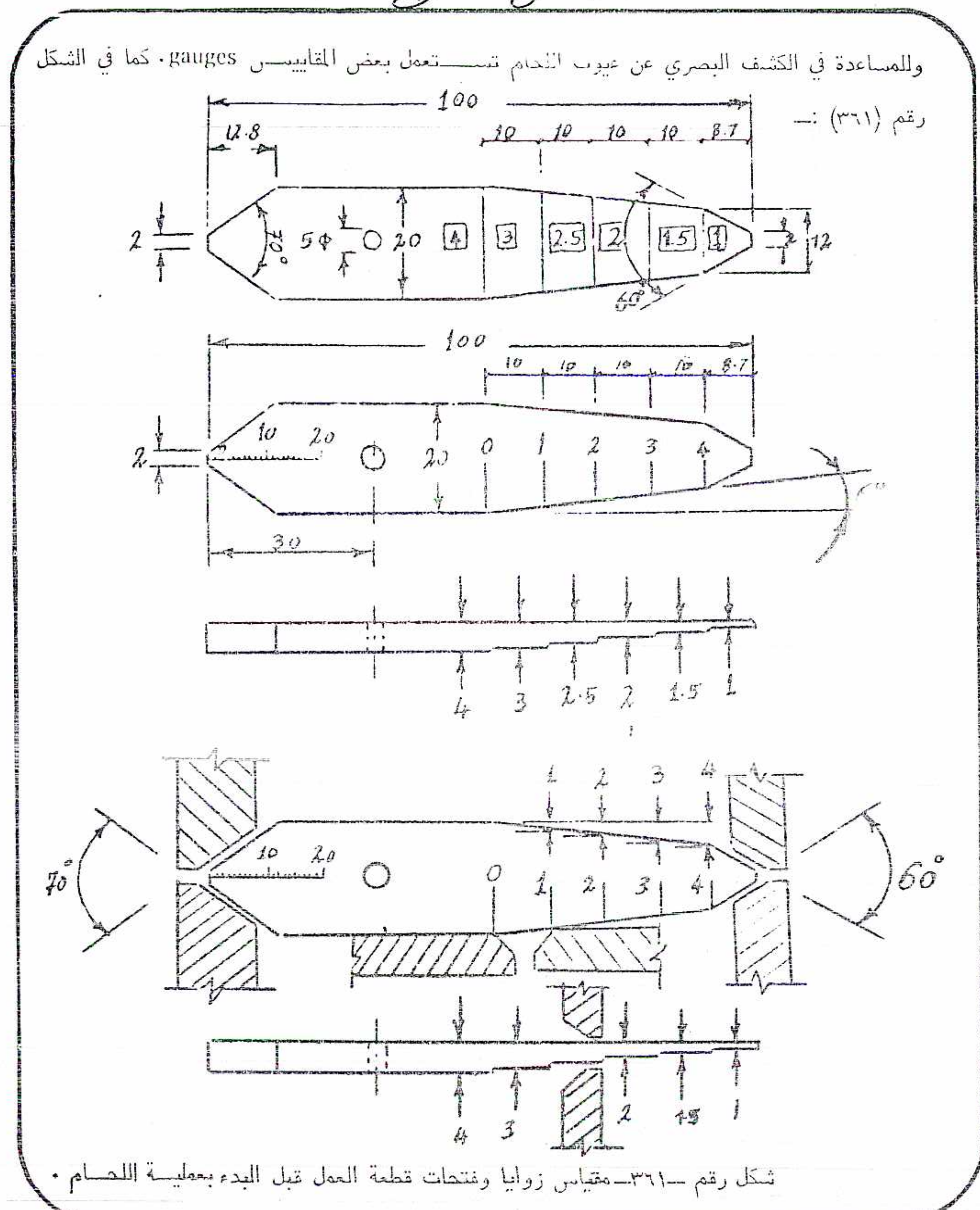
شكل رقم —٣٦٠— Travel Speed

معدلات التشغيل	خواص وصلة اللحام: كيفية معرفة صلاحية القوس	الصهر والاختراق	احتراق السلك	مظهر خط اللحام
١ شدة التيار مناسبة - فولتية مناسبة - سرعة اللحام مناسبة	صوت فحيح طشر مع فرقعة غير منتظمة	اختراق جيد منتظم	مظهر عادي	انصهار جيد - لا يوجد فائض على جانبي خط اللحام - الحزات RIPPLES على شكل قطع مكافئ متوسط التقوس PARABOLIC
٢ التيار منخفض - فولتية مناسبة - سرعة اللحام مناسبة	صوت فحيح طشر جداً مع فرقعة قليلة	اختراق قليل وغير محدد	لا يختلف كثيراً عن السابق	يلاحظ تقوس أكبر في اللحام والحزات على شكل قطع مكافئ عالي التقوس
٣ التيار عال - فولتية مناسبة - سرعة اللحام مناسبة	صوت عالي ومتقطع	اختراق عميق ومنتظم تأثير الحرارة كبيرة	يحترق غطاء السلك بسبب الكربون السلك	خط اللحام عريض والحزات على شكل قطع مكافئ ذو رأس مدبب كما يوجد تطشير عال على جانبي خط اللحام مع وجود UNDERCUT

٤	شدة التيار مناسبة - فولتية منخفضة - سرعة اللحام مناسبة	صوت فحيح منتظم وتطشر قليل	قليل	غطاء السلك قريب جداً من فوهة القوس ويلامس المنصهر وينتج POROSITY والتصاق السلك	الترابط بين خط اللحام وقطعة العمل اقل من حالة التيار المنخفض وايضاً خط اللحام اعرض لحد ما
٥	شدة التيار مناسبة - فولتية عالية - سرعة اللحام مناسبة	صوت ناعم جداً وفرقعة قليلة جداً	المصهر متسع وعميق	يلاحظ قطرات أو كور على حافة السلك ثم تتسع وتدخل الفوهة	تطشر عال فوق خط اللحام وعلى جانبيه ومنظر اللحام ردئ مع وجود UNDERCUT
٦	شدة التيار مناسبة - فولتية مناسبة - سرعة اللحام منخفضة	عادي	جيد ومنتظم الا ان منطقة تأثير الحرارة كبيرة	عادي	خط اللحام عريض ويوجد فائض على جانبي خط اللحام الا ان النسيج مندمج وجيد
٧	شدة التيار مناسبة - فولتية مناسبة - سرعة اللحام عالية	عادي	قليل وغير محدد أو منتظم	عادي	خط اللحام رفيع ومتقطع أو مختلف العرض مع وجود UNDERCUT

(Welding Gauges)

وللمساعدة في الكشف البصري عن عيوب اللحام تستعمل بعض المقاييس gauges . كما في الشكل رقم (٣٦١) :ـ



شكل رقم ـ٣٦١ـ مقياس زوايا وفتحات قطعة العمل قبل البدء بعملية اللحام .

شكل رقم -٣٦٢-

مقياس اللحامات المنتهية

شكل رقم -٣٦٣-

طريقة قياس ارتفاع اللحام

شكل رقم -٣٦٤-

طريقة قياس اللحام الركني

مقياس عام لقطعة العمل قبل وبعد عملية اللحام

طريقة قياس عدم انضباط اسطح قطعة العمل

قياس سمك المعـــدن

قياس العنق في اللحام الركني

قياس عمق القطع السفلي

قياس ارتفاع اللحام

قياس زوايا قطعة العمل

شكل رقم ـ ٣٦٥ ـ

وبالطبع لايمكن بالعين المجردة الالمام والكشف عن جميع عيوب اللحام فمثلا اذا كانت وصلة اللحام على هيئة شكل × كما في الشكل رقم (٣٦٦) : لانستطيع التاكد من سلامة الصهر والاختراق

الصهر

شكل رقم –٣٦٦–

في المنطقة الوسطية ولاجل ذلك استحدثت طرق عديدة ومتنوعة لفحص اللحام ويمكن تقسيمها الى الاتي : –

١ – اختبارات غير متلفة . (NDT)

٢ – اختبارات متلفة .

والاختبارات المتلفة قد تكون على عينات خاصة معمولة لهذا الغرض او ان تكون على قطعة من القطع المنتجة تؤخذ دوريا او عشوائيا .

الاختبارات غير المتلفة :

① – الفحص بالعين المجردة « يشمل ايضا استعمال السوائل النافذة » .

② – الفحص المغناطيسي :

أ – برادة الحديد Iron filings مع زيت البرافين (السائل المغناطيسي)

ب – الملف الباحث Search Coil

③ – الطرق السمعية :

أ – المطرقة

ب – المطرقة والسماعة

④ – اشعة اكس × . X – Rays

⑤ – اشعة كاما . γ – Rays

⑥ – الموجات فوق الصوتية . U/S

⑦ – استخدام الاحمال .

الفحص بالسوائل النافذة

هناك عدة أنواع من السوائل النافذة منها المضيئة وغير المضيئة وابسط طرق الكشف بالسوائل النافذة هو أستعمال الكيروسين حيث يتمتع الكيروسين بنفاذية عالية خلال الشقوق ، وطريقة الكشف بالكيروسين كما يلي : –

١ – يغمر أو يبلل الجزء المراد فحصه بالكيروسين ويترك لمدة حوالي ٥ دقائق حتى يتم تسرب الكيروسين خلال الشقوق بواسطة الخاصية الشعرية

٢ – يجفف السطح جيدا من الكيروسين .

٣ – يطلي السطح بطبقة من الطباشير الناعم .

٤ – يتسلل الكيروسين خارجا من الشقوق ويبلل طبقة الطباشير في أماكن الشقوق .

استعمال السوائل المضيئة :–

تستعمل في هذه الطريقة مجموعة من ثلاثة أنواع من السوائل – سائل منظف للسطح ، سائل نافذ ، سائل مظهر للشقوق – مع أستعمال ضوء معتم (أشعة فوق بنفسجية Dark Light وفيما يلي طريقة الاستعمال : –

المنظف : –

توضع طبقة من السائل المنظف فوق الاماكن المراد فحصها . وتترك لبعض الوقت – ثم تنظف جيدا بواسطة قطعة قماش – تكرر هذه العملية الى أن ينظف السطح تماما ثم يترك فترة كافية حتى يجف السطح قبل وضع السائل النافذ .

السائل النافذ : –

ترش كمية كافية من السائل النافذ المضيء على الاماكن المراد فحصها ويفضل أن تكون درجة حرارة السائل ٦٠ فهرنهايت او أعلى – ويترك السائل

النافذ لفترة من واحد الى ثلاثين دقيقة حسب نوع ومكان الشق ـ ثم ينظف السائل تماما من علـــى السطح بواسطة استعمال السائل المنظف مرةأخرى وحك السطح جيدا بواسطة قطعة قماش نظيفة ـ ويجب التأكيد مرة أخرى أنه يجب تنظيف السطح تماما من السائل النافذ حتى يمكن اكتشاف ورؤية الشـــــق ٠

السائـــل المظهـــر : ـ

ترش طبقة رقيقة من السائل المظهر على منطقة الفحص وتبقى حتى تجف ثم يستعمل ضوء معتم Black Light فيظهر الشق واضح ومضـــىء

ملاحظـــة : ـ

تراجع باقي الفحوصات غير المتلفة في "البـــاب الخاص باجهزة الفحص ٠

(Performance Qualification)

عاشــــرا : ـــ

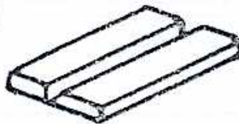
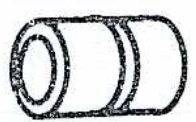
طرق اختيــار اللحامــين

أعداد المهندس / علي أحمد مصطفى حماد

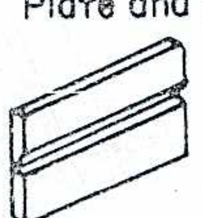
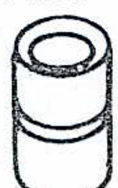
من الضروري عمل أختبارات لمعرفة كفاءة عامل اللحام ومقدرته على أنجاز عمل معين بصــــــورة مرضـــية ومن واجبات رب العمل تنفيذ هـــــذه الاختبارات بصورة دورية وعمل سجلات لهـــــا وباشراف من هيئة تفتيش معتمدة •

اوضـــــاع اللحـــام

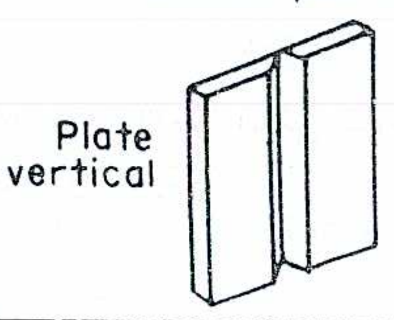
تتم اختبارات اللحام في جميع الاوضـــاع :ـــ الافقي ، والافقي على صفيحة عمودية ، والعمودي وفوق الرأس سواء للحام التقابلي Butt أو للحام الركني Fillet

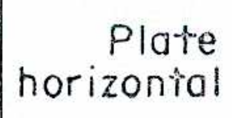
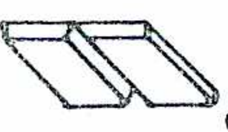
شكل رقم ـــ٣٦٧ـــ

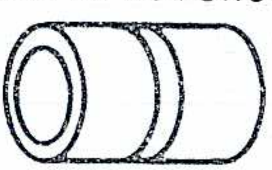
شكل رقم ٣٦٨



شـــكل رقـــم ٣٦٩

شـــكل رقـــم ٣٧٠



شـــكل رقـــم ٣٧١

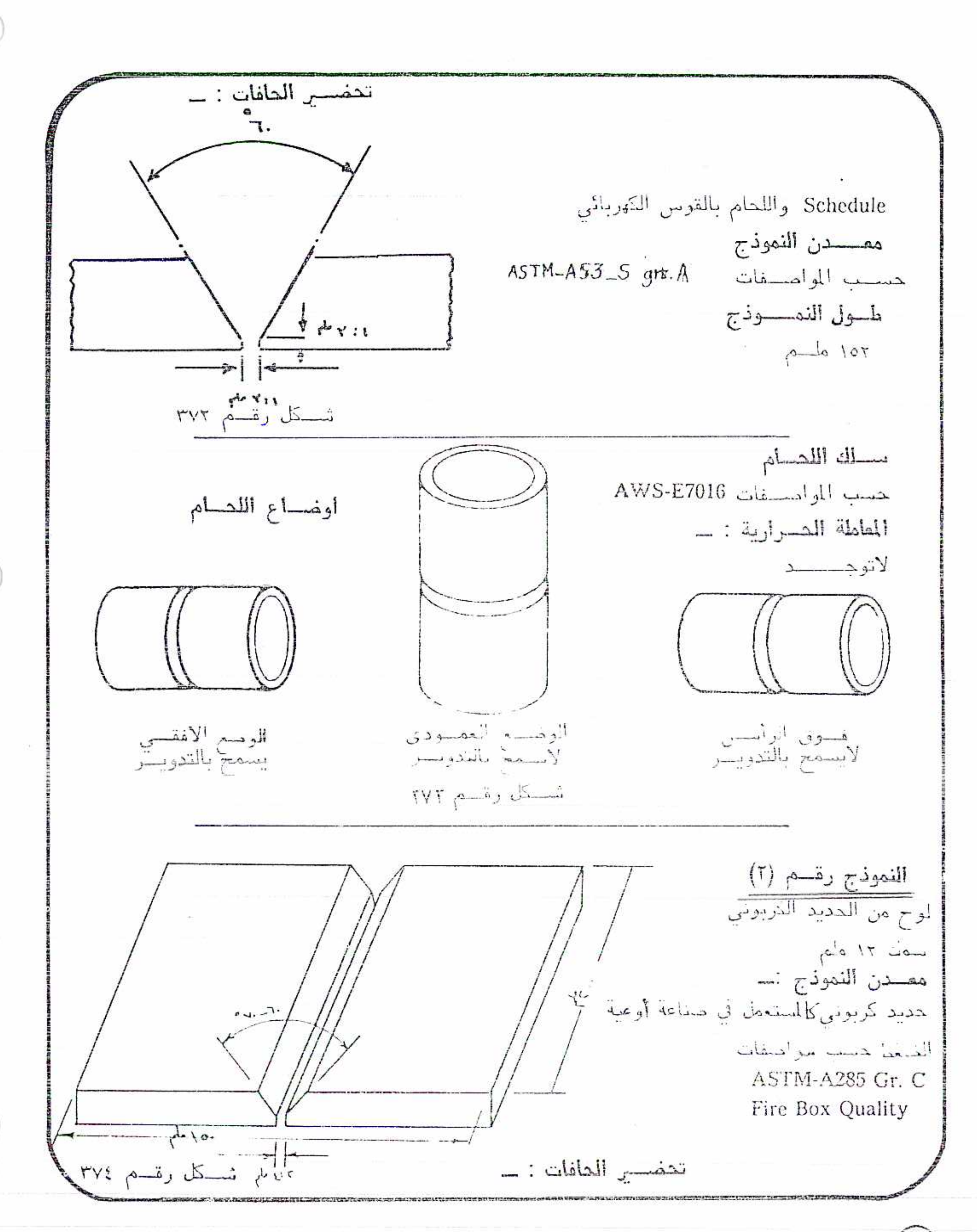
أوضـــاع مركبـــة

امثلة لبعض نماذج قطع الاختبارات

ومواصـــفات اللحــــام

النموذج رقـــم (١)

أنبوب حديد كربوني قطر ١٥٢ ملم مقاســ ٤٠


تحضير الحافات : ـ
٦٠°
٢:١ ملم
٢:١ ملم
شكل رقم ٣٧٢
Schedule واللحام بالقوس الكهربائي
معدن النموذج
حسب المواصفات ASTM-A53_S gr. A
طول النموذج
١٥٢ ملم
سلك اللحام
حسب المواصفات AWS-E7016
المعاملة الحرارية : ـ
لاتوجد
أوضاع اللحام
الوضع الأفقي
يسمح بالتدوير
الوضع العمودي
لايسمح بالتدوير
فوق الرأس
لايسمح بالتدوير
شكل رقم ٣٧٣
النموذج رقم (٢)
لوح من الحديد الكربوني
سمك ١٢ ملم
معدن النموذج :ـ
حديد كربوني كالمستعمل في صناعة أوعية
الضغط حسب مواصفات
ASTM-A285 Gr. C
Fire Box Quality
١٥٠ ملم
شكل رقم ٣٧٤
تحضير الحافات : ـ

معـدن سـلك اللحـام : ـ

مثل نفس معدن النموذج

المعاملـة الحرارية : ـ

لايوجـــد

يقطع النموذج من الجهتين وباقل ما يمكـن للدخول على اسطح متوازية بعرض ١٨ ملم.

أوضاع اللحـام

Overhead

Vertical

Horizontal

شـكل رقـم (٧٥)

ملاحظـــات

يجب تنظيف خط اللحام من الخلف واللحـــام بخط واحد ويجب أن يشاهد المفتش التنظيف من الخلـف قبـل اللحـــام .

النموذج رقـم (٣)

أنبوب قطر ٢٠٠ ملم من الحديد السبائـــكي Low alloy مقاس ٤٠ Schedual

معـــدن النـــموذج : ـ

حسب المواصـفات ASTM-A 335-P12

تحضـير الحافات : ـ

مثل النموذج رقـم (١)

طـول النـــموذج : ـ ١٥٠ ملـم

سلك اللحـــام

حسب المواصـفات AWS-E8016-B2

المعاملـة الحـرارية : ـ

تسخين قبل اللحام ٢٠٠ الى ٢٥٠°م Pre-heating

أزالة الجهـود ٦٥٠ الى ٧٠٠°م Post heating

فتـرة الامتصاص ٣٠ دقيقـة Holding Time

معدل التسخين والتبريد ٨٥م لكل ساعة

أوضاع اللحام : ـ

مثل النموذج رقـم (١)

النموذج رقـم (٤) : ـ

أنبوب قطر ٢٠٠ملم من الفولاذ الاوستنتيني Austenitic stainless steel مقاس ١٠

معـدن النموذج : ـ

حسب المواصـفات AISI-304

تحضـير الحـافات : ـ

مثل النموذج رقـم (١)

طـول النموذج : ـ

١٥٠ ملـم

سـلك اللحـام : ـ

حسب المواصـفات AWS-E308, E308L

المعاملـة الحرارية : ـ

لايوجـــد

الاوضـاع : ـ

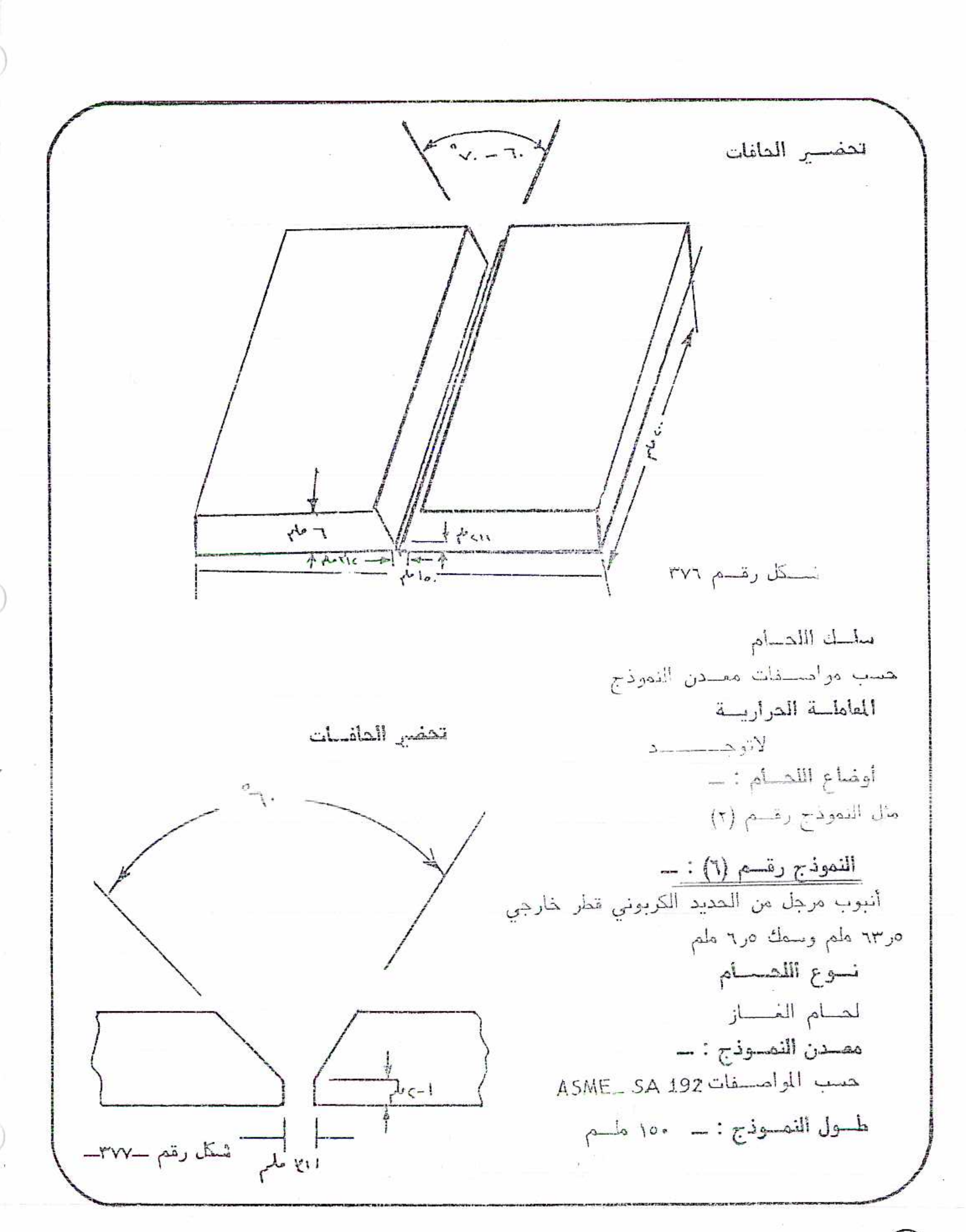
مثل النموذج رقـم (١)

النموذج رقـم (٥)

صفيحة من الفولاذ سمك ٦ ملم S.S.

نـوع معـدن النموذج

حسب المواصـفات AISI-316L



تحضـير الحافات

شـكل رقـم ٣٧٦

سلـك اللحـام

حسب مواصـفات معـدن النموذج

المعاملـة الحراريـة

لاتوجـــــــد

أوضاع اللحـام : ـ

مثل النموذج رقـم (٢)

النموذج رقـم (٦) : ـ

أنبوب مرجل من الحديد الكربوني قطر خارجي ٥ر٦٣ ملم وسمك ٥ر٦ ملم

نـوع اللحـام

لحـام الغـاز

معـدن النمـوذج : ـ

حسب المواصـفات ASME_SA 192

طـول النمـوذج : ـ ١٥٠ ملـم

تحضير الحافـات

شكل رقم ـ٣٧٧ـ

سـلك اللحـام :ـ

مثـل معـدن النموذج

المعاملـة الحـرارية

تسخين بعد اللحام ٣٢٠°م

تسخين بعد اللحام ٣٢٠°م

ثم تغطى وصلة اللحام بالاسبستوس حتى تتم عملية التبريد ببطء .

الاوضـاع :ـ

مثل النموذج رقم (١)

انواع الاختبارات والغرض منها :ـ

هناك ثلاثة انواع من اختبارات المهارة والكفاءة للحامين كما يلي :ـ

١ ـ اختبار الشد Tension test ويستخدم لقياس جهد الشد Tensile strength لوصلة اللحام التقابلية groove weld joints

٢ ـ اختبار الانحناء الموجه guided-bend test ويستخدم لقياس مدى سـلامة الوصلة degree of soundness ductility وليونتهـا .

٣ ـ اختبارات المهارة للحام الركني .

نماذج اختبارات الشد ـ

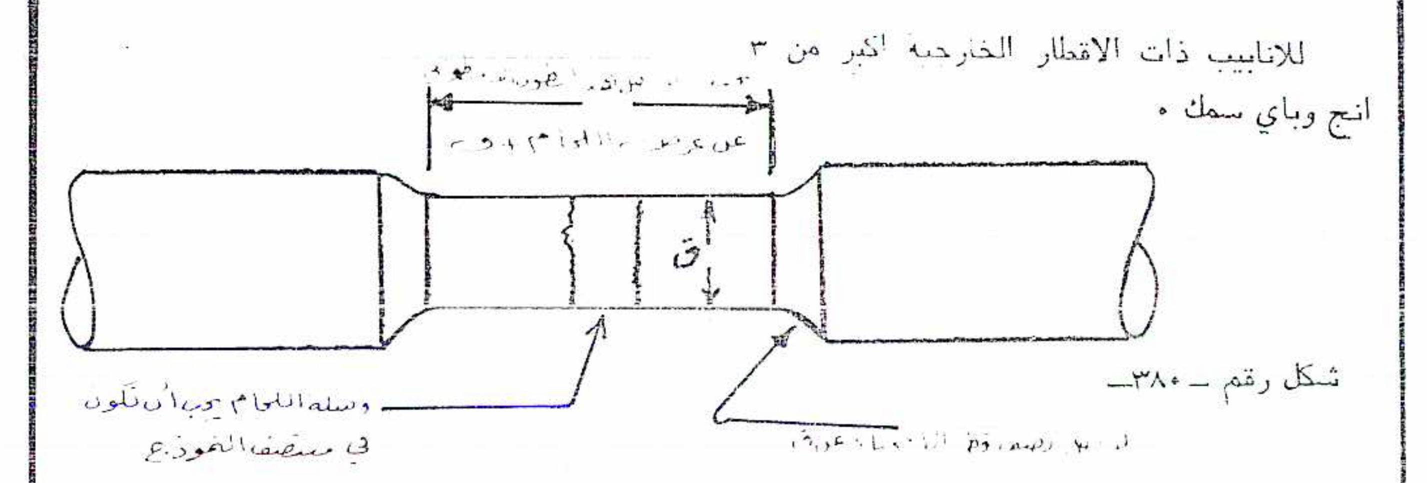
شكل رقم ـ٣٧٨ـ

نموذج الشد للصفائح plates بـاي سـمك :ـ

شكل رقم ـ٣٧٩ـ

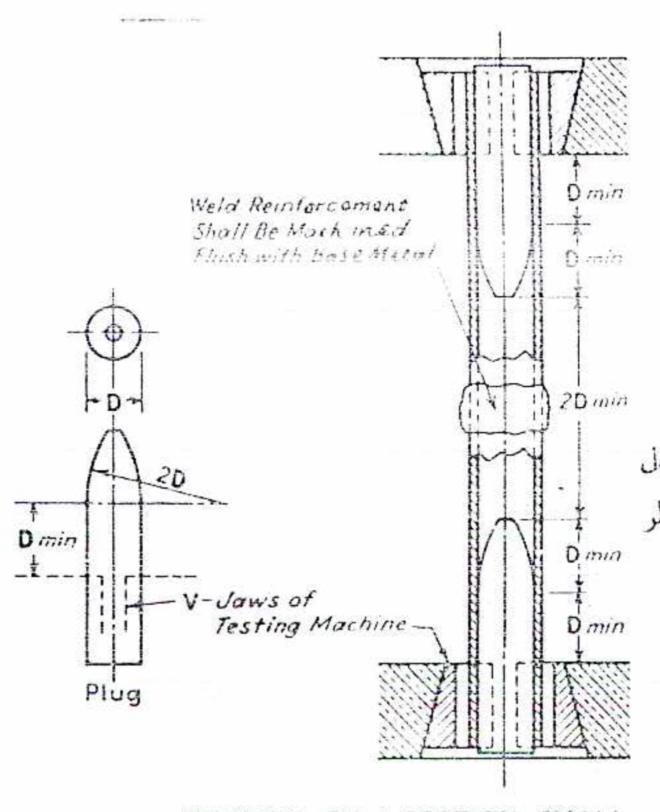
نموذج الشـد :ـ

للانابيب ذات الاقطار الخارجية اكبر من ٣ انج وباي سمك ٠



شكل رقم ـ ٣٨٠ـ

نموذج اختبار الشد ذو مقطع اسطواني في المنتصف



نموذج اختبار لحام أنبوب كامل يسـتعمل في حالة الانابيب ذات الاقطار الصغيرة « ذات قطر خارجي ٣ انج او اقل »)

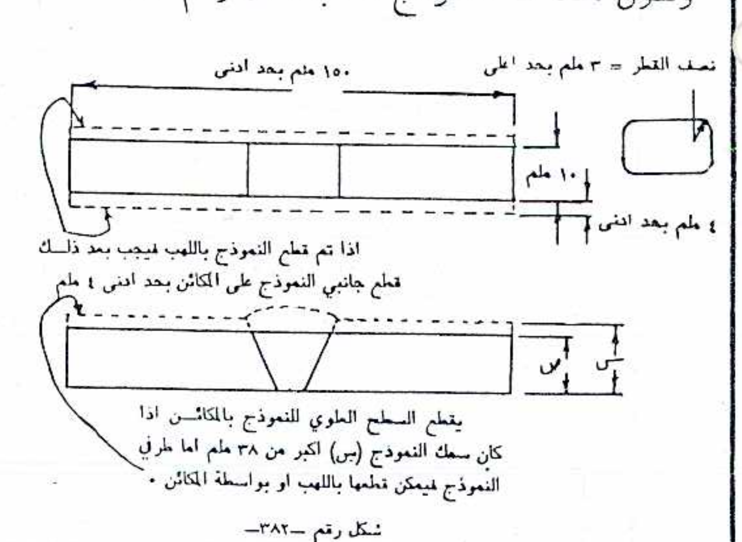
TENSION—FULL SECTION—SMALL DIAMETER PIPE

شـكل رقـم ـ٣٨١ـ

جميع نماذج اختبار الشد يجب ان تكسر تحت تاثير قوى الشد ويحسب اجهاد الشد بتقسيم اعلى قيمة لحمل الكسر breaking load على المقطع الاصلي قبل التحميل ويعتبر النموذج ناجحا اذا تم الكسر بعيدا عن اللحام وان لاتقل قيمة جهد الشد Tensile strength بأكثر من ٥٪ عن جهد الشد القياسي لمعدن النموذج ..

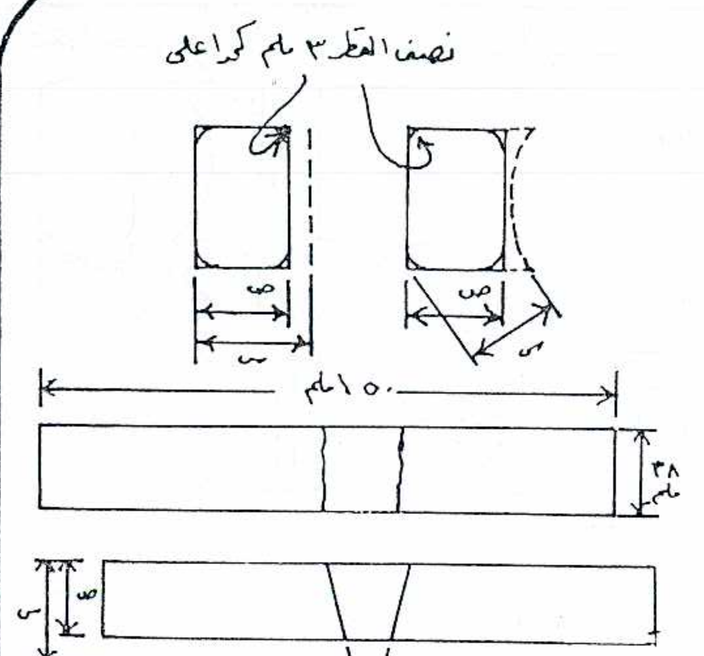
نماذج اختبار الحنى Bending

١ ـ نموذج اختبار الحنى المستعرض الجانبي Transverse side bend وفيه يكون خط اللحام عمودي على محور النموذج ويتم الحنى بحيث يصبح جانب النموذج هو السطح المحدب وتكون مقاسات النموذج كما بالشكل رقم ٣٨٢ .



شكل رقم ـ٣٨٢ـ

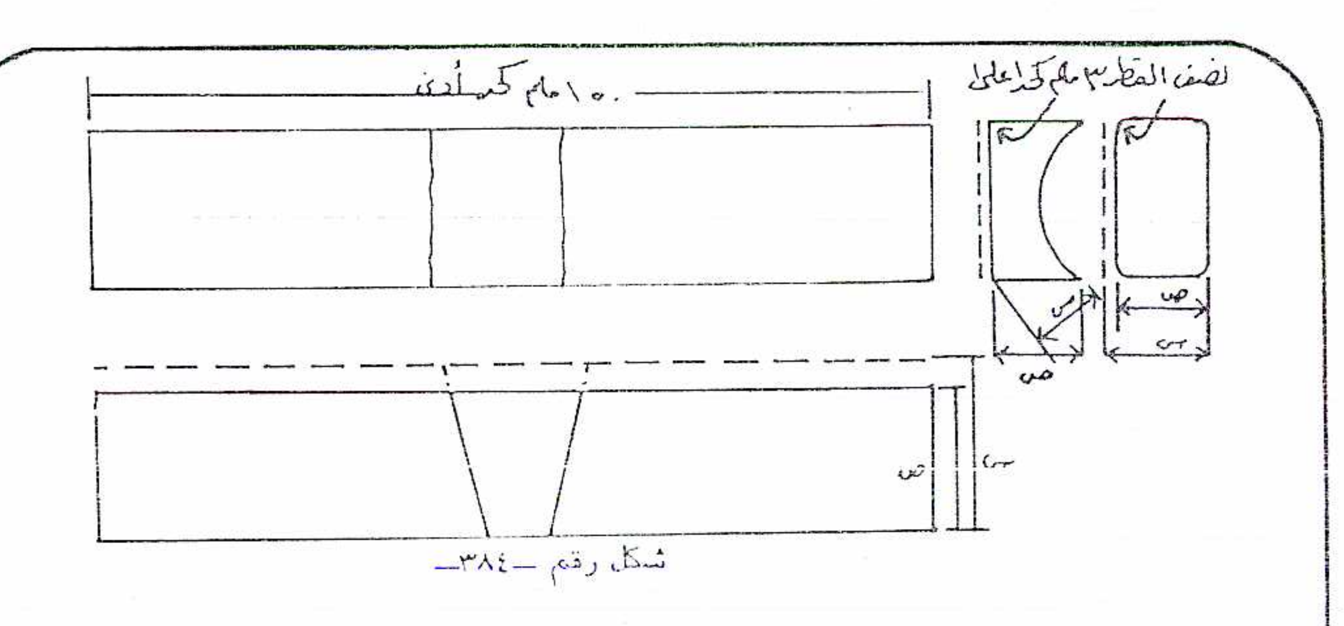
٢ ـ نموذج اختبار الحنى المستعرض الوجهي Transverse face bend وفيه يكون خط اللحام عمودي على محور النموذج ويتم الحنى بحيث يصبح السطح العلوي لخط اللحام (الوجه العريض لخط اللحام) هو السطح المحدب . وتكون مقاسات العينة كما يلي :ـ



س ملم	ص ملم
٣ – ١,٥	س
٩ – ٣	٣
٩ <	٣

شكل رقم ـ٣٨٣ـ

٣ ـ نموذج اختبار الحنى المستعرض الجذري Transverse Root bend وفيه يكون خط اللحام عمودي على محور النموذج ويتم الحنى بحيث يصبح السطح السفلي لخط اللحام « جذر خط اللحام » هو السطح المحدب وتكون مقاسات النموذج كما بالشكل رقم ـ٣٨٤ـ

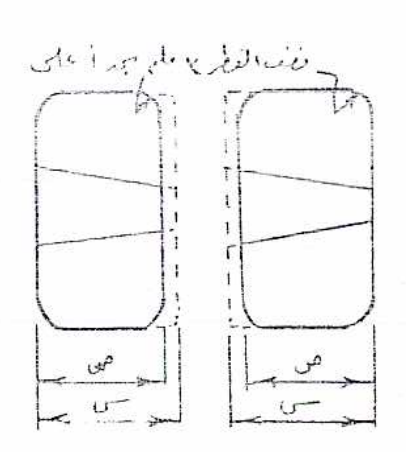


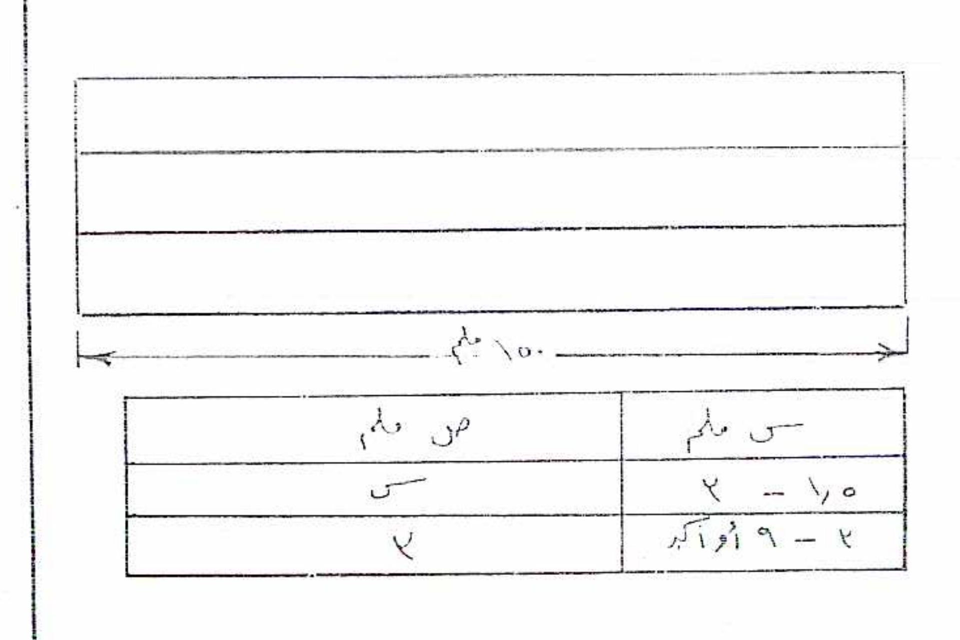
شكل رقم ـ٣٨٤ـ

ملاحظة : المقاسات س ج ص كما بالجدول السابق

٤ ـ نموذج اختبار الحني الطولي الوجهـــي
Longitudinal face bend
وفيـه يكون خط اللحام موازي لمحور النموذج

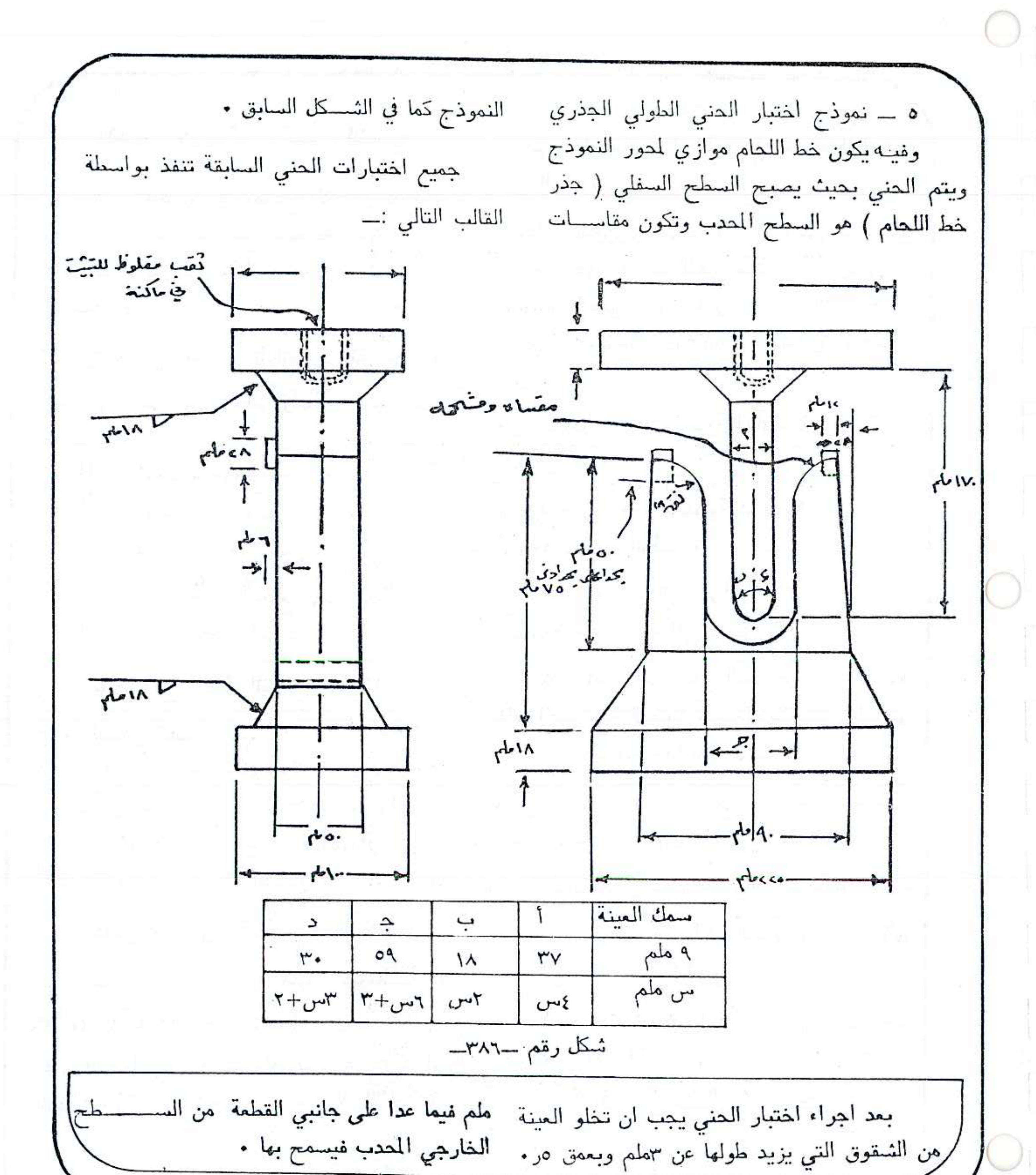
ويتم الحني بحيث يصبح السطح العلــوي لخــط اللحام (الوجه العريض لخط اللحام) هو السـطح المحدب وتكون مقاسات النموذج كما يلي :ـ





س مم	ص مم
١,٥ – ٢	س
٢ – ٩ أو أكبر	٢

شكل رقم ـ٣٨٥ـ



٥ ـ نموذج اختبار الحني الطولي الجذري وفيه يكون خط اللحام موازي لمحور النموذج ويتم الحني بحيث يصبح السطح السفلي (جذر خط اللحام) هو السطح المحدب وتكون مقاسات النموذج كما في الشكل السابق .

جميع اختبارات الحني السابقة تنفذ بواسطة القالب التالي :ـ

سمك العينة	أ	ب	جـ	د
٩ ملم	٣٧	١٨	٥٩	٣٠
س ملم	٤س	٢س	٦س+٣	٣س+٢

شكل رقم ـ٣٨٦ـ

بعد اجراء اختبار الحني يجب ان تخلو العينة من الشقوق التي يزيد طولها عن ٣ملم وبعمق ٥ر. ملم فيما عدا على جانبي القطعة من السطح الخارجي المحدب فيسمح بها .

ملاحظات حول طريقة تحضير النماذج

١ ـ عند تحضير نموذج الاختبار في انبوب يجب سد نهايتي النموذج بصفائح رقيقة لمنـــع عامل اللحام من ملاحظة الجذر Root اثنــاء اللحـــام •

٢ ـ يجب طبع punch النموذج برموز ترمز الى اسم عامل اللحام ورقمه ووضع اللحـــام مثـــل :ـ

H للوضـــع الافقي
V للوضـــع العمودي
O للوضـــع فوق الرأس

وكذلك رمز مفتش اللحام ✯ ويجب طبـــع هذه الرموز في كلا جهتي النموذج •

تقييم نتائج اختبار النماذج :ـ

الفحص البصري :ـ

ويلاحظ به العيوب الخارجية لسطح وجـــذر اللحام مثل القطع السفلي under cut والتشقوق cracks والمسامية porosity وعدم الانصهار الجيد Lack of fusion •• الخ

اختبارات الحني :ـ

وتتم بواسطة استعمال مكبس كهربائـــي أو هوائي ويمكن استعمال المكبس اليدوي بشـــرط أن يكون التحميل بصورة مستمرة وليس على فتـــرات متقطعة • وأذا كسرت العينه تحت هـــذا الاختبـــار فيعني ذلك فشل عامل اللحام في مثل هذا النـــوع من اللحامات •

يفضل أن تكون زاوية الانحناء ١٨٠°م ولكن يسمح بزاوية قدرها ١٥٠° بالنسبة للحام بالقوس الكهربائي في الوضع الافقي وزاوية قدرها ١٢٠° بالنسبة للحام بالقوس الكهربائي في الوضع العمودي او فـــوق الرأس •

وزاوية قدرها ١٣٠° بالنسبة للحام بالغاز في الوضع الافقي •

وزاوية قدرها ١٠٠° بالنسبة للحام بالغاز في الوضع العمودي وفوق الرأس •

بالنسبة للاختبارات (النماذج) من ١ الـــى ٦ والمطبقة حاليا في مصافي النفط :ـ

يختبر عامل اللحام على النمـــوذج رقم ١ أولا فاذا اجتاز هذا الاختبار سمح له بالاختبار علـــى النموذج رقم ٢ وهكذا وإذا فشل عامل اللحام في أحد الاختبارات فانه لايسمح له باعادة الاختبـــار نفسه الا بعد مضي (٦) شهور في التدريب ••

وتعاد اختبارات اللحام في الحالات التالية :ـ

١ ـ اذا توقف عامل اللحام عن العمل لاي سبب لفترة تزيد عن ٦ شهور •

٢ ـ اذا اتضح ان عامل اللحام مستواه غير جيد اثناء العمل •

٣ ـ بعد مضي سنتين على الاختبار •

أحد عشر :ـ ازالـة الجهـد ٥

اعـداد المهندس /
علي احمـد مصـطفى

مقدمـة :ـ

تعتبر عملية ازالة الجهد من المعاملات الحرارية للمعادن والتي كثيرا ماتستعمل بعد العمليات الباردة Cold working وبالماكنـات Machining وعمليات اللحام خاصة عند لحام الحديد متوسـط الكاربون وعالي الكاربون والحديـد السـبائكي

ومن المهم معرفة ان عمليات ازالة الجهد تتم في درجات حرارة اقل مـن المـدى الحـرج Critical Range بمعنى انه لايتم تغير فـي الأطوار phases ولكنها فقط عملية لازالة معظم الجهود التي تكونت على حـدود البلـورات grains سواء كانت جهود ضغط اوشـد Tension or Compression stress وتتم العملية بواسطة تسخين قطعة العمل بمعدل (حوالي ٩٣°م بالساعة) الى ان تصل الدرجة المطلوبة ثم تبقـى قطعة العمل فترة من الزمن عند هذه الدرجة العليا وهي ماتسمى بفترة الامتصاص Soaking time ثم بعد ذلك تبرد بمعدل معين حوالـي (٩٣°م بالساعة) ودرجات الحرارة المناسبة في المعاملـة الحرارية لازالة الجهد تتراوح بين ٦٠٠ـ٦٥٠ °م والتي هي أقل من المدى الحرج في التسخين على مخطط الاتزان الحراري بين الحديد والكاربون ٠ Iron-Carbon Equilibriam diagram والوقـت اللازم لازالة الجهود عند اقصى درجة حـرارة (درجة حرارة الامتصاص Soaking temp.) للحديد هي عادة ساعة واحدة لكل انج واحد سمك ولكـن يجب معرفة ان فترة الامتصاص عند درجة حرارة ٦٠٠°م يجب أن تكون اطول من فتـرة التحميص عند درجة حرارة ٦٥٠°م اذا اريد الحصول علـى نفس المستوى من ازالة الجهد ٠

وفي الحقيقة فانه يمكننا الحصول على ازالـة الجهد لحد ما عند درجة الحرارة ٢٠٥ ـ ٣١٥ أو ٤٢٥°م ٠ ولكن يجب اعطاء فترة طويلة وكافية حتى تتخلص قطعة العمل من الجهود بعد أن يتم التغير اللديني plastic flow ومن المعـروف ان الجهود المتبقية Residual Stresses تضـعف ببطء شـديد وقد يتم ذلك في درجة حرارة الغرفة ولكن ذلك قد يستلزم سنوات لازالة الجهد ٠

ولذا نرى انه من المتبع بالنسبة للمعامل الكبيرة والتي تستلزم بعض عمليات التصنيع والتجميـع فترة طويلة من الزمن فان عملية ازالة الجهد تتـم بواسطة مايسمى Ageing stress Relief وفيها تتحرك المنتجات في العراء تحت تأثير الطقس الجوي مـن برد الليل وحرارة الشمس ولفترة لاتقل عن سـتة اشهر فيتم بصورة بطيئة للغاية نوع شبيه بالزحف Creep أو التغيير نصـف اللدين Semi-plastic flow وقد لوحظ ان عمليات الطرق الخفيف peening او التحميـل Loading تساعد في التخلص من الجهود الزائـدة ٠

علاقة درجة الحرارة وفترة الامتصاص :ـ

عند درجة حرارة ٤٢٥°م وفتـرة امتصاص ساعة واحدة فان ٤٠٪ من الجهود الزائدة او المتبقية تزال في حين نرى انه عند زيادة فترة الامتصـاص الى اربع ساعات مع الحفاظ على درجة حـرارة الامتصاص عند ٤٢٥°م تكون نسبة ازالة الجهـد حوالي ٥٠٪ فقط • وعند درجة حرارة ٥٣٥°م وفترة امتصاص ساعة واحدة فان ٧٠٪ من الجهود الزائدة تزال • فاذا زادت فترة الامتصاص الـى اربعـة ساعات تكون نسبة ازالة الجهد حوالي ٨٠٪ وعند ٦٥٠°م وفترة امتصاص ساعة واحدة فان ٩٠٪ من الجهود الزائدة او المتبقية من عمليات اللحام تزال •

وهذه النسب المذكورة تتأثر لحدما بالتحليـل الكيمياوي والسمك والشكل ••• الخ وبالرغم من اهمية درجة الحرارة وفترة الامتصاص فمن المتفق عليه في عملية ازالة الجهد ان معدل التبريد يأتي من حيث الاهمية في المقام الاول ثم يأتي بعد ذلك معدل التسخين في المقام الثاني واخيرا تأتي درجة حرارة وفترة الامتصاص في المقام الاخير طالما كانت فترة الامتصاص لاتقل عن ساعة واحدة لكل انج من سمك قطعة العمل •

والهدف الحقيقي من وراء معدل التسـخين البطيء هو المحافظة على جعل فرق درجات الحرارة في اي وقت اقل مايمكن بين اجزاء قطعة العمـل • فمن المعروف ان الاجزاء الرقيقة تسخن بسرعة اكبر من الاجزاء السمكية وكذلك تبرد بسرعة ، وعـدم تساوي درجات الحرارة بين اجزاء قطعة العمل قـد يكون مصدر لنشوء قوى انكماش شد او ضـغط ينتج عنها جهود داخلية قد تكون كافية لعمل شق او كسر في قطعة العمل •

وقد يكون من المفيد ايضا ان نذكر الاسـباب الملحة في العناية بمعدل التبريد من وجهة نظـر اخرى ، فعندما تكون قطعة العمل في درجـة حرارة ٦٥٠°م فان الحديد الصلب يكون ذو قابلية كبـيرة لامتصاص الهيدروجين والاوكسجين وبصـورة خاصة النتروجين من الهواء والرطوبـة • وهذه العناصر لاتمتص فقط في حالة التبريد بعد عمليـات اللحام ولكنها ايضا تمتص في حالة التبريد بعـد عمليات المعالجة الحرارية لازالة الجهد وهذه العناصر لها تأثيرات ضارة على المعدن وتكويناته ، ولكـن اذا تم تبريد القطعة ببطء كافي فاننا نعطي الفرصة لهروب هذه الغازات من قطعة العمل • والتبريـد السريع لقطعة العمل يسمح للنتروجين بالتواجـد في تركيب الحديد على هيئة محلول مـذاب فـوق مشبع في درجة حرارة الغرفة ويجعل الحديد هش Brittle وقليل الليونة Low ductility وعلى العموم فان مشاكل امتصاص النتروجين تكون قليلة في حالة استعمال اغلب اسلاك اللحام المغطاة حيث تعمل الغازات الناتجة من غطاء السلك في عزل القوس عن الجو الخارجي ولكن تكون المشـاكل كبيرة اذا تم اللحام باسلاك عارية •

من المهم أيضا اخذ الاحتياط والعناية بدرجـة الحرارة التي يتم عندها سحب قطعة العمل مـن الفرن او ازالة البناء الحراري عنها • وتتوقـف

هذه العملية على عدة عوامل ، ويجب التذكر انــه اذا سحبت قطعة العمل في درجة حرارة اقل مــن ٣٥٠°م وكان الاختلاف في درجات الحرارة بين بعض اجزاء قطعة العمل في حدود ٥٥°م وكانت قطعـــة العمل ثابتة غير قابلة للحركة Rigid fixed piece فان ذلك يعادل قوى انكماش في حدود ٢٠٫٠٠٠ رطل / الانج المربع ، وعلى هذا فانه من المهم في حالـــة قطعة العمل الثابتة والتي تحتوي على بعض اجزاء رقيقة واخرى سميكة ان يتم التبريد ببطء حتـــى درجة حرارة الغرفة ، وعامة فان الاجزاء الصغيرة المتماثلة الاجزاء من ناحية السمك يمكن اخراجهـــا من الفرن عند درجة حرارة ٣٥٠°م اما الاجزاء الاكثر تعقيدا يمكن اخراجها عند درجة حرارة ٩٥°م •

وفيما يلي جدول المعاملة الحرارية لازالـــةالجهد لاغلب المعادن المستعملة :ـــ (أ)

نـــوع المعدن	درجة حرارة الامتصاص °م	فترة الامتصاص (ب) ساعة لكل انج ســمك
الحديد الصب الرمادي Gray Cast Iron	٤٢٥ـــ٥٩٥°م	٥ الى ١/٢ حسب حجم القطعة
الحديد الكاربوني Carbon Steel		
١ ـــ اقل من ٠٫٣٥٪ كاربون وسمك اقل مـــن ٣/٤ انـــج	غالبا لايحتاج الى معاملة حرارية لازالة الجهد(ج)	
٢ ـــ اقل من ٠٫٣٥٪ كاربون وسمك اقل من ٣/٤ انج او اكثـــر	٥٩٥ ـــ ٦٧٥°م	١
٣ ـــ اكثر من ٠٫٣٥٪ كاربون وسمك اقل مـــن ١/٢ انـــج	غالبا لايحتاج الى معاملة حرارية لازالة الجهد(ج)	
٤ ـــ أكثر من ٠٫٣٥٪ كاربون وسمك اكثر من ١/٢ انـــج	٥٩٥ ـــ ٦٧٥°م	١
٥ ـــ الحديد المختزل والمســـتخدم في درجـــات الحرارة المنخفضة •	٥٩٥ ـــ ٦٧٥°م	١
حديد كاربون ـــ مولبدنوم اي سمك Carbon-Moly bdenum Steel		
١ ـــ اقل من ٠٫٢٪ كاربون	٥٩٥ ـــ ٦٧٥°م	٢
٢ ـــ من ٠٫٢٪ الى ٠٫٣٥٪ كاربون	٦٧٥ ـــ ٧٦٠°م	٣ الى ٢
حديد كـروم ـــ موليدينوم أي سمك Chromium -Molybdenum Steel		

١ — من ٢/١ الى ٤/١١٪ كروم — ٢/١٪ موليبدنيوم	٦٣٠ — ٦٦٠°م	
٣ — من ٤/١٢ الى ٢٪ كروم — من ٢/١ الى ١٪ موليبدنيـوم ٠	٧٢٠ — ٧٤٥°م	٢
٣ — ٤/١ ٢٪ كروم — ١٪ موليبدنيوم	٧٣٥ — ٧٦٠°م	٣
٤ — ٥٪ كروم — ٢/١٪ موليبدنيوم	٧٣٥ — ٧٦٠°م	٣
٥ — ٧٪ كروم — ٢/١٪ موليبدنيوم	٧٤٥ — ٧٧٥°م	٣
٦ — ٩٪ كروم — ١٪ موليبدنيوم	٧٤٥ — ٧٧٥°م	٣

الفولاذ — اي سمك

Chromium Stainless Steel

١ — انواع ٤١٠	٤٣٠	٧٧٥ — ٨٠٠°م	٢
٢ — نوع	٤٠٥	غالبا لايحتاج الى معاملة حرارية اذا كان السمك اقل من ٤/٣ انج (ج)	

الفولاذ النيكلـــي

Chromium-Nickel S.S.

١ — انواع ٣٠٤ — ٣٢٠ — ٣٤٧	غالبا لايحتاج الى معاملة حرارية لازالة الجهد اذا كان السمك اقل من ٤/٣ انج (ج)	
٢ — نوع ٣١٦ وسمك اكثر من ٤/٣ انج	٨١٥°م	٢
٣ — أنواع ٣٠٩ — ٣١٠ وسمك اكثر من ٤/٣ انـــج	٨٧٠°م	٢

لحامات المعادن غير المتشابهـــة :

Welding Dissimilar materials

١ — كروم — موليبدنيوم مع حديد كاربـــون او حديـــد موليبدنيوم	٧٣٥—٧٦٠°م	٣
٢ — انواع ٤١٠ و ٤٣٠ مع اي نوع من الحديد	٣٧٥—٧٦٠°م	٣
٣ — كروم نيكل (فولاذ) مع اي نوع من الحديد	كالمطلوب لنوع الحديد الملحوم مع الفولاذ	

النحاس وسبائكه

Copper and Copper Alloys Copper

أ ــ نحاس	١٥٠°م	١/٢
٢ ــ ٩٠ نحاس ١٠٠ زنك	٢٠٥°م	١
٣ ــ ٨٠ نحاس ــ ٢٠ زنك و ٧٠ نحاس ــ ٣٠نيكل	٢٦٠°م	١
٤ ــ ٦٣ نحاس ــ ٣٧ زنك	٢٤٥°م	١
٥ ــ ٦٠ نحاس ــ ٤٠ زنك	١٩٠°م	١/٢
٦ ــ ٧٠ نحاس ــ ٢٩ زنك ــ ١ قصدير	٣٠٠°م	١
٧ ــ ٨٥ نحاس ــ ١٥ نيكل و ٧٠ نحاس ــ ٣٠نيكل	٢٤٥°م	١
٨ ــ ٦٤ نحاس ــ ١٨ زنك ــ ١٨ نيكل	٢٤٥°م	١
٩ ــ ٩٥ نحاس ــ ٥ قصدير و ٩٠ نحاس ــ ١٠ قصدير	١٩٠°م	١

سبائك النيكل :

Nickel Alloys

١ ــ نيكل K المونيل KR	٢٧٥ــ٣١٥°م	٣ الى ١
٢ ــ مونيل ومونيل	٢٧٥ــ٣١٥°م	٣ الى ١
٣ ــ ٨٠ نيكل ــ ٢٠ كروم	٣٧٠ــ٤٨٠°م	٣ الى ١
٤ ــ انكونيل	٣٧٠ــ٤٨٠°م	٣ الى ١
٥ــ ٦٠ نيكل ــ ٢٥ حديد ــ ١٥ كروم	٣٧٠ــ٤٨٠°م	٣ الى ١

أ ــ بالنسبة للفولاذ الكروم نيكل ولحامات المعادن غير المتشابهة يكون معدل التسخين بحيث لايقل عن ٩٣°م في الساعة وبالنسبة لباقي الانواع يكون معدل التسخين لايقل عن ١٨٥°م بالساعة أما معدل التبريد لجميع المعادن يجب الا يزيد عن ٩٣°م في الساعة .

ب ــ فترة الامتصاص تحسب من بداية وصول جميع اجزاء القطعة لدرجة حرارة الامتصاص .

جـ ــ الا اذا كان من الضروري المحافظة على شكل ومقاسات القطعة من التغير نتيجة أزالة الجهد بعد فترة طويلة من الزمن او نتيجة التحميل .

الفصل الخامس

أسس الفحص الهندسي.

أولاً ○ ظاهرة الزحف

ثانيًا ○ المعادلات والحسابات المستعملة في الفحص الهندسي

ثالثاً ○ تأثير الهيدروجين على المعادن

رابعًا ○ الكلل

II-XI

أولاً : ظاهرة الزحف

اعداد المهندس/بدري صالح جاسم

المقدمــــــة : ـــ

ظاهرة الزحف هي عبارة عن استطالة المادة بعد وقت معين تحت تاثير جهد ثابت وحرارة عاليــة •

مثال على ذلك ان الزفت يزحف في يوم حــار تحت تاثير وزنه فقط • أما الحديد أو السبائك الحديدية فيظهر الزحف فيها في درجات حرارة اعلى من٦٥٠°ف

أن انهيار أو تحطم المعدن نتيجة هذه الظاهرة يعتمد على مقدار الجهد المسلط على المعدن والوقت والحرارة • فمثلا أن الجهد اللازم لانهيار الحديد الاعتيادي Carbon Steel في (١٠,٠٠٠) ساعة (١,١٤ سنة) في درجة حرارة ٩٠٠°ف أقــل بكثير من جهد الشد اللازم لانهيار الحديد في تلك الدرجة حيث أن قوة الشد النهائية Ultimate Tensile strength - للحديد في درجة حرارة ٩٠٠°ف هي (٥٤,٠٠٠) باوند /أنج مربع ، بينما الجهد اللازم لانهيار الحديد من ظاهرة الزحف بعد (١٠,٠٠٠) ساعة في نفس درجة الحرارة هو فقــط (١١,٥٠٠) باوند/أنج مربع •• لكي نفهم هذه الظاهرة جيدا يجب أن نعلم بان الحديد يفشل في درجات الحرارة الاعتيادية Room temp بحدوث تشققات خــــلال مجاميع البلورات grains بينما في درجـــات الحرارة العالية فيحصل التشقق خلال حــــــدود مجاميع البلورات • هذا يعني أن حدود مجاميــــع البلورات اقوى في درجات الحرارة الاعتيادية من البلورات نفسها • عندما نرفع الحرارة نصل الـــى درجة معينة تتساوى فيها قوى البلورات وحدودها• تحت هذه الدرجة تكون الاستطالة مرنة قابلـــــة للرجـــــوع •

فوق هذه الدرجة تصبح الاستطالة غير مرنة أي لدنــــــة •

أما العوامل التي تؤثر على ظاهرة الزحـــف فهي كما يلـــي : ـــ

١ ـــ بالنسبة لاي سبيكة ، أذا كانت البلـــورات كبيرة الحجم فان ذلك يعطي مقاومة كبيرة ضــــــد الزحف في درجات الحرارة العالية ، أما في درجات الحرارة الواطئة فالعكس هو الصحيح •

٢ ـــ يصبح الزحف مهما بالنسبة لمختلف السبائك في درجات حرارة معينة •

فمثلا يسلك الرصاص في درجات الحـــرارة الاعتيادية سلوكا مشابها للحديد الاعتيـــادي في درجة حرارة (١٠٠٠)°ف والحديد المقاوم للصدأ في درجة حرارة (١٢٠٠)°ف •

٣ ـــ أن التغيرات البسيطة في تركيب المعـــدن تؤثر تأثيرا كبيرا في مقدار مقاومته للزحف • أن أضافة العناصر المكونة للكاربيدات لهـــا الاثر الكبير في زيادة مقاومة المعـــدن •

بما ان أنهيار المعدن يحصل أذا يسمح للزحف

بالاستمرار ، لذلك على مهندس التصميم أن يتاكد من عدم حصول الانهيار في فترة أشتغال المعدن المتوقعة • في وحدات التصفية يصمم الجهد بحيث تحصل أستطالة (١) بالمائة فـي (١٠٠،٠٠٠) ساعة تقريبا مع الاخذ بنظـــر الاعتبار عامل السـلامة •

أما الوحدات التشغيلية في المصافي التي يحصل فيها الزحف فهي وحدات تحسين البنزين ووحدات الهدرجة يستطيع المصمم تقدير عمر الانابيب مـن مخططات الزحف الخاصة بالمعدن المستعمل • أذا كانت درجه حرارة التشغيل حوالي (١٦٥٠)°ف فان أي زيادة في درجة حرارة المعدن مهما كان مقدارها ستقلل من عمر المعدن بدرجة كبيرة جدا • فمثـلا أذا أرتفعت درجة حرارة المعدن بمقدار (١٠٠)°ف فأن ذلك سيقلل من عمر المعدن من (١٠) سنوات الـى (٥ر١) سـنة •

تستعمل السبيكة ASTM-A297 gr. HK أو ASME-A351 gr HK40 الحاوية على (٢٦) بالمائة كروم و(٢٠) بالمائة نيكل مع كاربون بحـــدود (٣٥ر٠ــ٤٥ر٠) بالمائة لملفات العامل المساعد •

تستعمل السبيكةINCOLONY800الانابيب الخروج ذات درجات الحرارة العالية ــ يجب الاعتنـــاء باختيار أسلاك اللحام المناسبة والمقاومة للزحــف أيضـــا •

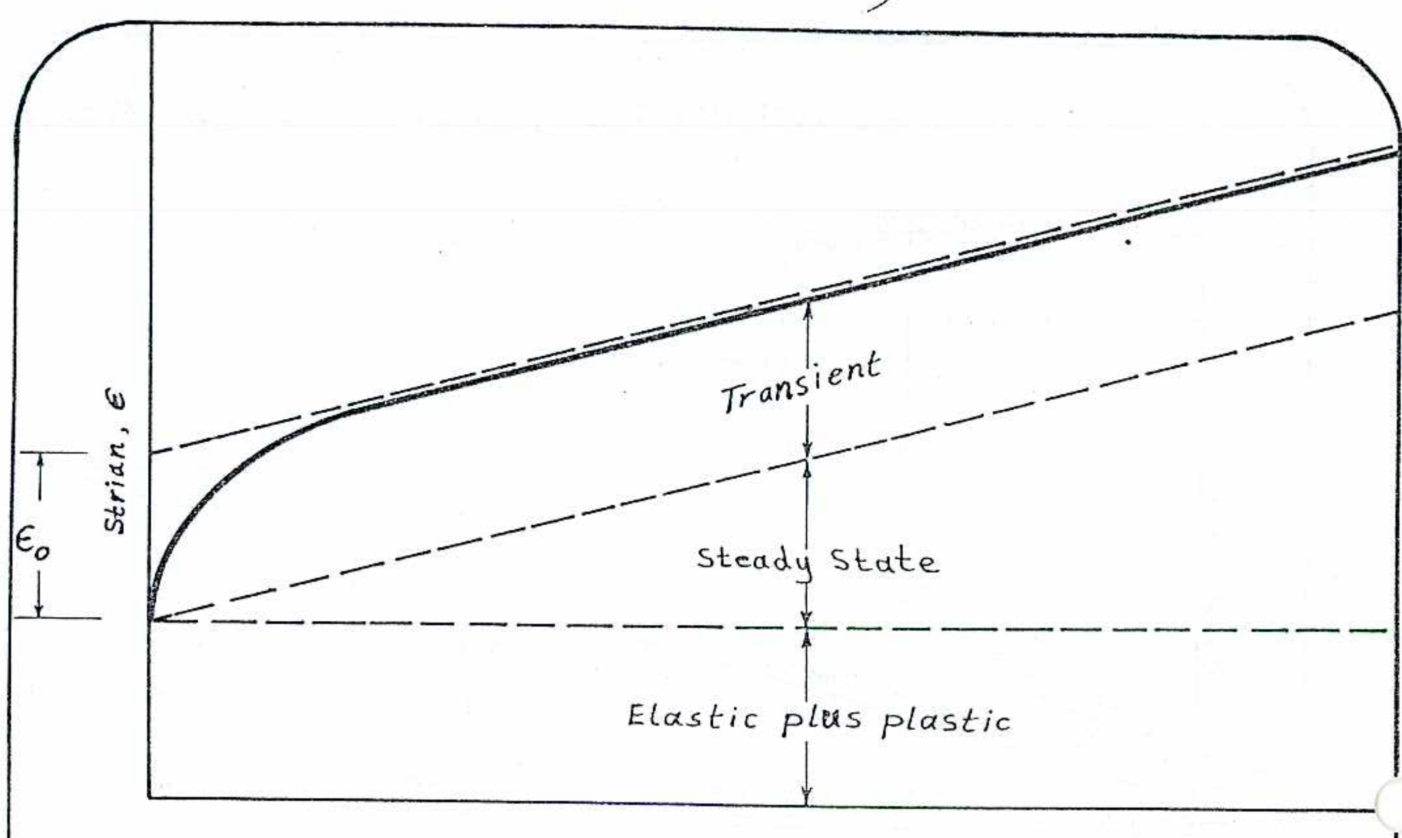
أما لاجزاء الفرن الخارجية والمعرضة للنـــار فتستعمل عادة السبيكة (٢٥ كروم ٢٠ نيكـل) أو (٢٥ كروم ، ١٢ نيكل) التي تقاوم أيضا التاكسد في درجات حرارة ١٨٠٠°ف تقريبا من المفضل أستعمال الفولاذ المقاوم للصدا نـوع (٣٠٤) أو (٣٢١) أو (٣٤٧) الذي يعطي مقاومة أكثر من الحديد الحاوي علـى الكـروم •

بخصوص المفاعلات التي تعمل بدرجة حـرارة أعلى من ٦٥٠°ف فتستعمل السبيكة الحاوية علـى (٥ر٠) بالمائة مولبدنوم أو (٢٥ر١) بالمائة كروم ، (٥ر٠) بالمائة مولبدنوم ، وهذه السبائك أفضـــل واسلم من الحديد الاعتيادي حيث أن الجهـــد المستعمل في التصميم في درجة حرارة ٩٠٠°ف لهذه السبائك هو (١٥،٠٠٠) باوند/أنج مربع يقابلـه الرقم (٦،٠٠٠)باوند/أنج مربع للحديد الاعتيادي في نفس الدرجة • أيضا هذه السبائك تقاوم التآكل بالهايدروجين

العوامـل الاساسـية

لدراسة ظاهرة الزحف يسلط عادة جهد ثابـت على قطعة مختبرية ويلاحظ الاجهاد الحاصل مـع الوقـت • يرسم الوقت مقابل الاجهاد كمـا في الشـكل رقـم ٣٨٧

كما نلاحظ من المخطط أعلاه أن الاجهاد يقسـم الى ثلاث أقسام ، القسم الاول والمسمى بالمرن • أما القسم الثاني فيسمى المنتظم والثالث هو القسم



مخطط الزحف

شكل رقم ٣٨٧

الزائـــل Transient القسم الاول هو الاجهاد الاعتيادي الذي يحصل مباشرة بعد تسليط المجهد• أما القسم المنتظم ففيه يزداد الاجهاد بنسبة ثابته مـــع الوقت والقسم الثالث يكون متغير النســبة مـــع الوقت ويوصل الى نقطة الانهيار •

نــــوع الكســـر

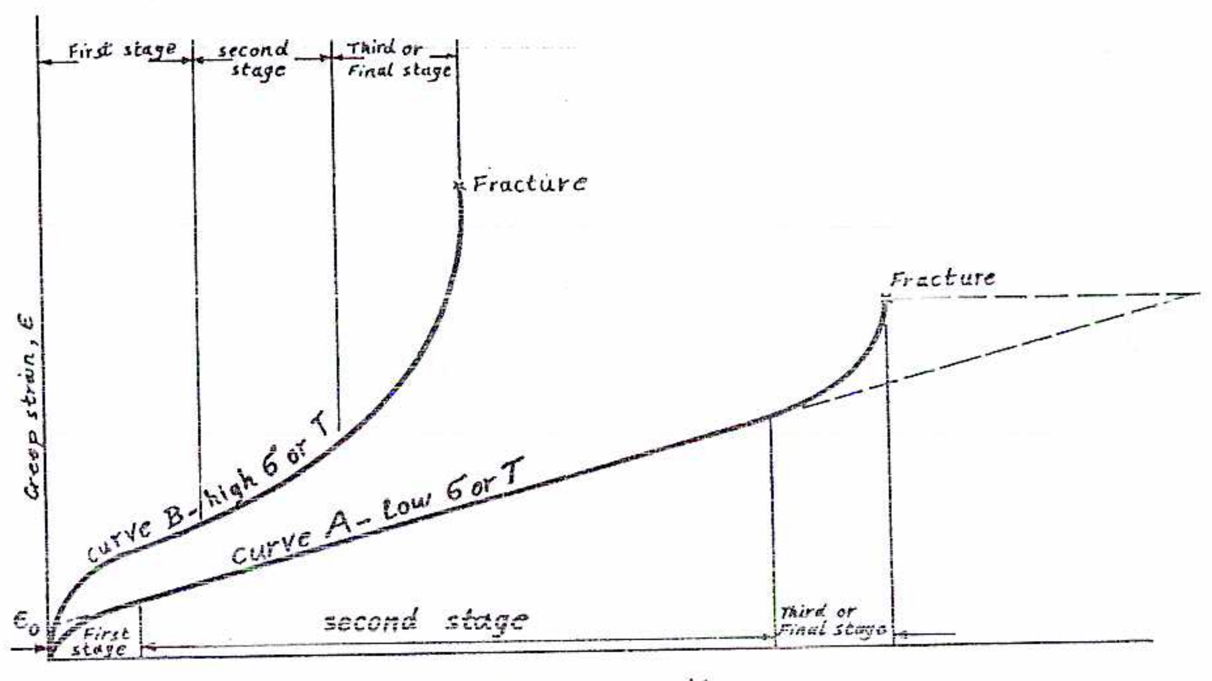
أذا سمح للزحف بالاستمرار فان انهيــــار أو أنكسار المعدن سيحصل حتما • في الجهد العالـــي ودرجات الحرارة المتوسطة وبعد أوقات قصـــيرة يحصل كسر مشابه تماما للكسر الحاصل في مكائـــن قياس الشد Tension machines أي بحصول رقبة للنموذج تصغر تدريجيا الــــى أن يحصـــــل الكســـــر •

في درجات الحرارة العالية لاتتكون الرقبة فـــي النموذج وأنما يحصل أجهاد تقريبا منتظم مـــع الوقت • ولكن في درجات الحرارة العالية جدا وأذا حمل المعدن لفترة طويلة يحصل الكسر بـــدون أي أجهاد يذكر في هذه الحالات يحصل قص shear في حدود مجاميع البلورات ويتحول المعدن الى هش brittle ويحصل الانهيار المفاجىء والخطر•

تحليل مخططات الزحـــف

يرسم الاجهاد الناتج من الزحف (وهذا يختلف عن الاجهاد المرن واللدن الذي يحصل مباشرة بعد تسليط الجهد وهذا لايرسم عادة في المخطط) أمام

الوقت لكل معدن تحت ظروف جهد وحرارة معينة كما فى المخطط أدناه : ـــ



شـــــكل رقـــــم ٣٤٨

ينقسم الوقت من البداية الى الانهيار الـــى ثلاثة أقســـام : ـــ

أ ـــ الزحف المبدئي : ـــ وهذا يبدأ مباشرة بعد الاجهاد المرن والاجهاد اللدن ويحصل فيـــه معظم الاجهاد الزائل المذكور أعلاه ٠ تكون نسبة الاجهاد في بداية هذا الزحف عالية ثم تنقص تدريجيا الى أن تصبح ثابته تقريبا ٠

ب ـــ الزحف الثانوي : ـــ عندما تصبح نســـبة الاجهاد ثابته يبدأ الزحف الثانوي ويـــزداد الاجهاد بنفس النسبة الثابتة ٠

ج ـــ الزحف الثالث : ـــ في هذا الزحف ترتفع مرة أخرى نسبة الاجهاد الىأن يحصل الانهيار أذا كان الكسر هش فمن المحتمل أن لايظهـــر الزحـــف الثالـــث ٠

من الصعوبة جدا تحليل ظاهرة الزحف لان ذلك يتطلب التنبؤ بسلوك المعدن بعد عمر طويل وعـــادة تكون التجارب ذات عمر قصير ٠ قد يبقى المعـــدن في حالة اشتغال لمدة ١٠٠٠٠ ساعة او (١٠٠،٠٠٠) ساعة أو حتى (٣٥٠،٠٠٠) ساعة ٠ من الناحيـــة الاخرى تجري اختبارات الزحفالتي منها يستخلص المصمم المعلومات المهمة في اوقات قصيرة تقـــارب (١٠٠٠) ساعة وذلك لاعتبارات أقتصادية ٠

خواص الزحـــف للمعـــادن

أهم خاصية تستعمل في التصميم هي : ـــ متانة الزحف Creep Strengthوهي عبارة عن أعلى جهد

يتحمله المعدن لوقت معين بدون حصول تشـــويه مفرط • بما أن هذه الخاصية تتغير مع درجـــة الحرارة ، لذلك يجب تعيين درجة الحرارة • مثلا متانة الزحف اللازمة لمروحة مولدة بخارية هي ذلك الجهد الذي ينتج زحفا مقداره (٢ر٠) بالمائة فـي (١٠٠ر٠٠٠) ساعة في درجة حرارة (١٥٠٠)°ف •

لحساب متانة الزحف يعين وقت الاشتغال بالاف الساعات • أما الزحف المسموح به فيعبر عنـــه بالنسبة المئوية وهو عبارة عن الاجهاد المـــرن والاجهاد اللذن مضافا اليهما الزحف • يعتمد هذا الرقم على الاستعمال فمثلا في مولد النفاثة لايسمح باكثر من (١ر٠) بالمائة في (٢٠٠٠) ساعة • مـــن الناحية الاخرى في وعاء ضغط يسمح بـ (٢) بالمائة زحـــف •

توجد خاصية مهمة ثانية هي متانة الانهيـــار بالزحـــف Creep Repture Strength وهي عبارة عن أعلى جهد يتحمله المعدن لوقت معين بـــدون حصـــول انكســـار •

كيفية حســاب متانـــة الزحـــف

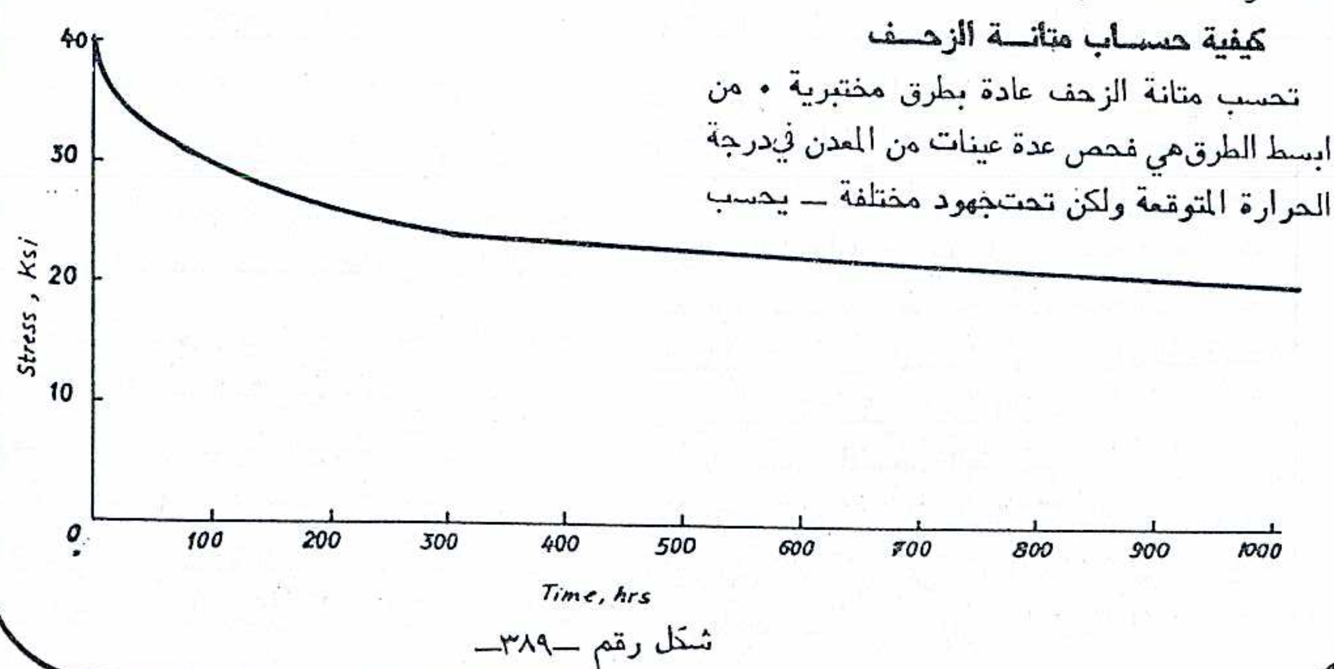
تحسب متانة الزحف عادة بطرق مختبرية • من ابسط الطرق هي فحص عدة عينات من المعدن في درجة الحرارة المتوقعة ولكن تحت جهود مختلفة — يحسب بعد ذلك الوقت اللازم للوصول الى نسبة الزحـــف المسموح بها ويرسم الجهد أمام الوقت كما في المخطط أدناه الذي يبين الجهود اللازمة للحصول علـــى نسبة زحف مقدارها(١) بالمائة للفولاذ المقاوم للصدا في درجة حرارة (١٢٠٠)°ف •

هذه الاختبارات محددة بـــ (١٠٠٠) ساعة • في بعض الحالات قد تجري لمدة (١٠٠٠٠) ساعة •

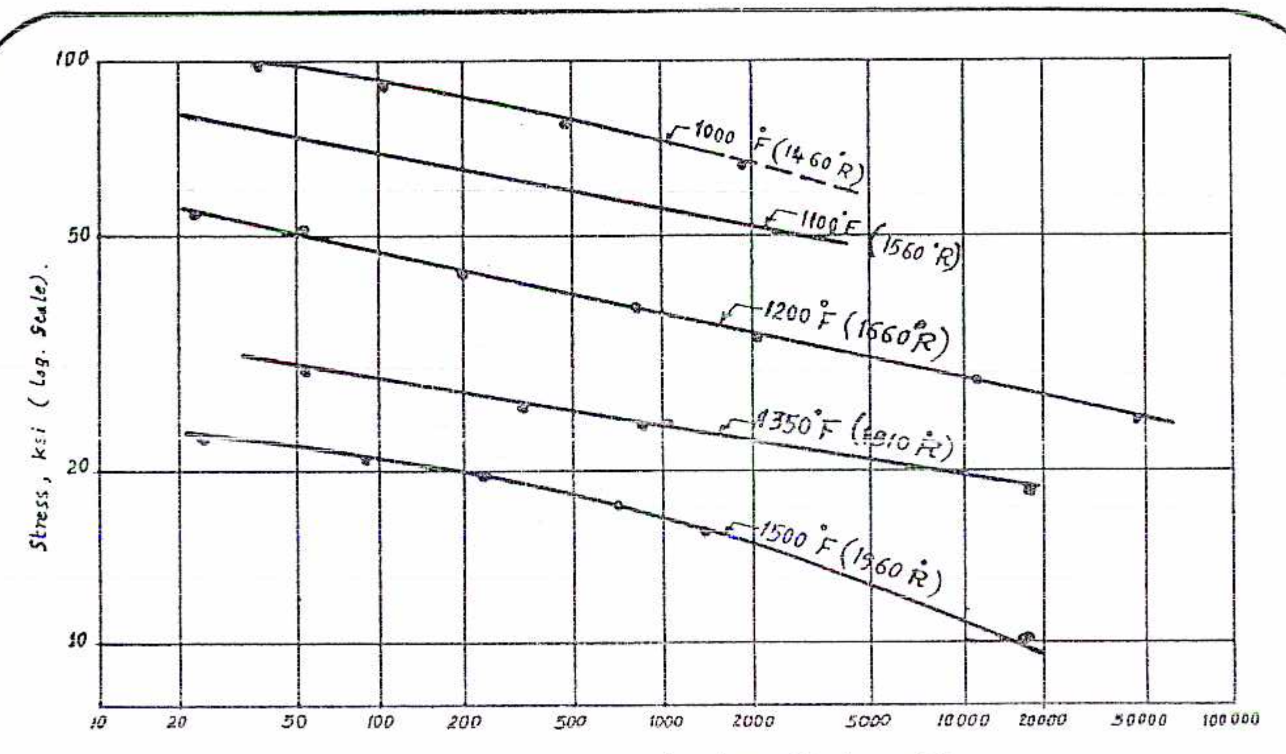
من النتائج يعمل جدول بمتانة الزحف اللازمة للحصول على نسبة زحف معينة أمام درجات حرارة مختلفـــة •

أدناه جدول يبين بعض الارقام للفولاذ المقاوم للصـــدا نـــوع (٣٠٢) : —

درجة الحـــرارة	متانة الزحف (نسبة الزحف (١) بالمائة في (١٠٠٠) ساعة
١٠٠٠°ف	١٨٠٠٠باوند /أنج مربع
١٢٥٠	٤٠٠٠
١٥٠٠	١٠٠٠



شكل رقم —٣٨٩—



شكل رقم ٣٩٠

للحصول على متانة الزحف بعـــد (١٠٠ر٠٠٠) ساعة مثلا يحدد الخط في المخـطط أعـلاه الـــى (١٠٠ر٠٠٠) ساعة لذلك فان هذه الطريقة ليست صحيحة تماما وتصاحبها أخطاء .

كيفية حساب متانة الانهيار بالزحف

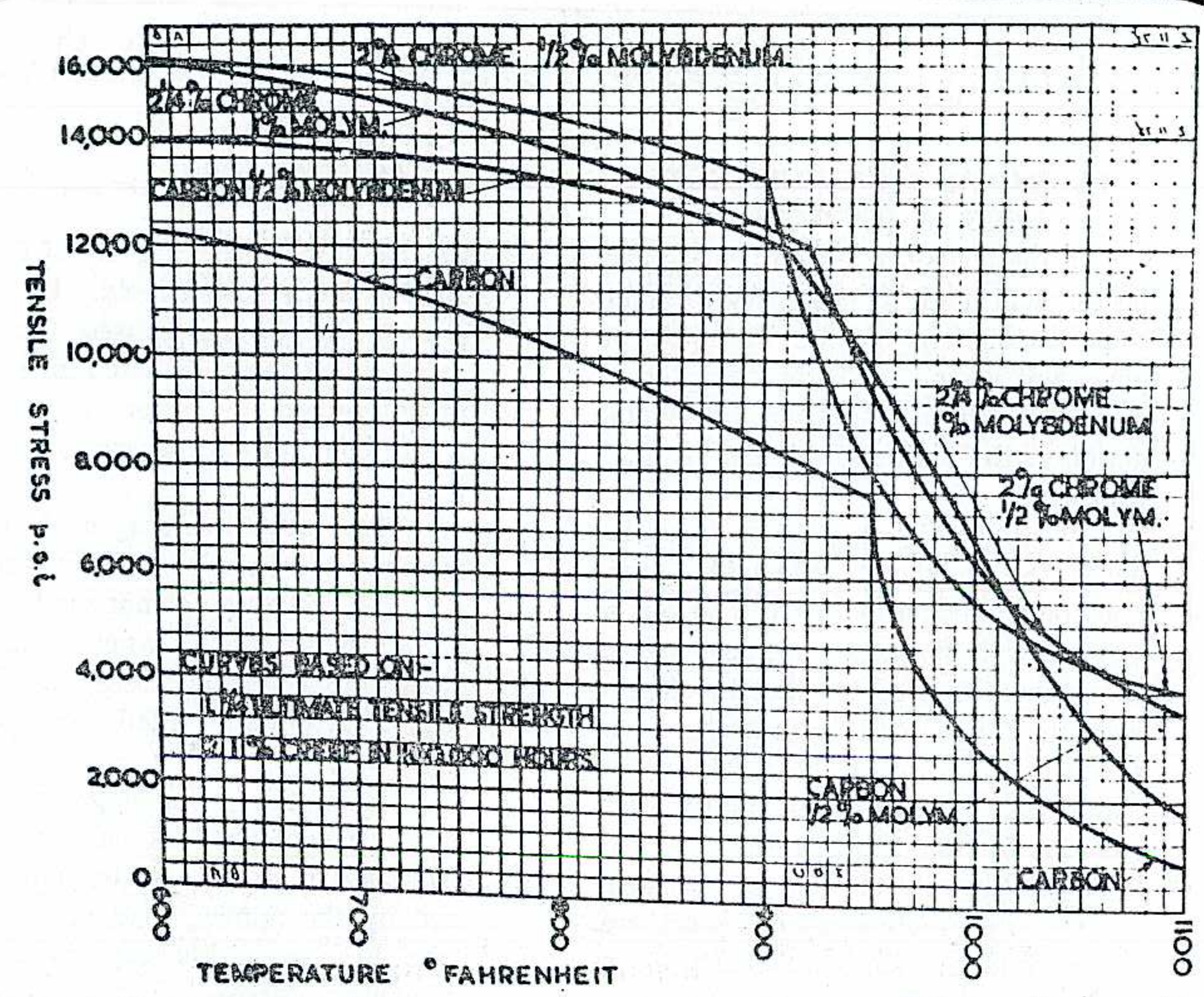
الطريقة هنا مشابهة تماما للطريقة المتبعـــة لحساب متانة الزحف،تؤخذ عينات فيظروف مشابهة للتشغيل ويسلط عليها جهود مختلفة ويحسب الوقت اللازم لحصول الانهيار في كل عينة . بعد ذلك يرسم الجهد اللازم للانهيار أمام الوقت المستغرق للانهيار لظروف مختلفة كما في المخطط أعلاه الذي يخص السبيكة (٢٠ كروم ، ٢٠ نيكل ، ٢٠ كولومبيوم) :— بعد الحصول على متانة الانهيار بالزحف تقـــرر الجهود التشغيلية باستعمال عامل الســـلامة

طريقـــة المقارنـــة

بما أن الطرق اعلاه تتضمن التنبؤ بخواص المعدن بعد عمر طويل بواسطة تجارب أمدها قصير ، لذلك تصاحبها أخطاء كثيرة . توجد طريقة حديثة يسرع فيها أنهيار المعدن بواسطة رفع درجة الحرارة أعلى من درجة الحرارة التشغيلية بكثير . يحسب الوقت اللازم للانهيار ويحصل على الوقت المطلوب لدرجة الحرارة التشغيلية من جداول مقارنـــة الوقـــت بالحرارة المستخلصة من معادلة أرهينيوس . أدناه مخطط يبين الجهود المسموح بها مقابل درجـــات حرارة مختلفة لبعض الســـبائك .

الزحـــف والفحص الهنـــدسي

لايمكن الكشف عن الزحف بالفحوصات غير المتلفة ولكن يمكن أخذ فكرة عن مراحل الزحف بواســـطة قياس القطر الخارجـــي (أو المحيـــط) للانابيـــب



شـــــكل رقـــــم ٣٩١

Allowable stresses for steels based on 1% creep in 100,000 hours

المعرضة للزحف عدد كل توقف وفـــي مواقـــع ثابتة ومن المستحسن أن تكون قريبة من درجـــة الحـــرارة العليـــا ٠

يلاحظ أي تغير في القطر الخارجي للانابيـــب وتحسب الزيادة في القطر كنسبة مئوية من القطر الاصلي التي هي نسبة الزحف قبل أنقضاء الفترة الزمنية المثبتة من قبل المصمم (عـــاذة ١٠٠٠٠٠ ساعة) يجب أخذ عينة من الملـــف أو الانبـــوب أو المعدن المعرض للزحف وفحصه بواسطة مكائـــن الزحـــف Creep machines التي تسلط عليه درجة حرارة عالية أكثر من درجة الحرارة التشـــغيلية وضغوط مختلفة الى أن ينهار المعدن بعد ذلك يمكن حساب العمـــر المتبقي للمعـــدن ٠

يجب أيضا أجراء بعض الفحوصات المتلفة التي تعطي فكرة عن حالة المعدن بعد فترة الاســـتعمال المعينة ومن هذه الفحوصات ما يلي : —

١ — فحصـــ الحنـــى Bend test

٢ — فحصـــ الصـــلادة Hardness Test

٣ — فحصـــ الشـــــد Tension Test

٤ — الفحصـــ بالمجهـــــر Microscopic

٥ — التحليل الكيمياوي للسبيكة Chemical analysis

٦ — فحصـــ الحصـــر Flattening Test

ثانياً: المعادلات والحسابات المستعملة في الفحص الهندسي

اعداد: المهندس بدري صالح جاسم

FORMULAE & CALCULATIONS USED IN INSPECTION

In the course of his duties, the inspector will find it necessary to make some calculations of the strength of pipes and vessels, and this chapter is devoted to the presentation and explanation of the various formulae in general use.

In all calculations, the main variable is the maximum allowable stress and some explanation as to how this is arrived at is perhaps necessary. It is now generally accepted that the tensile strength of a material is, in itself, not an adequate criterion of the suitability of that material for high temperature service, i.e. for temperature in excess of 650°F. in the case of plain carbon steel.

Other characteristics necessary are:

a) Sufficient surface stability to ensure that it will maintain its cross-section in service.

b) Sufficient structural stability to prevent the metal from becoming brittle or losing its original strength.

c) Sufficient hot ductility to prevent brittle fractures in service. Various tests are conducted by steel manufacturers to obtain this information, and one of the most important is creep testing. Specimens of the metal are subjected to different stresses at various temperatures and tests are continued for a minimum of 1,000 HOURS. Usually two creep strain rates or creep rates as they are generally called, are determined for each material: 1% in 10,000 and 100,000 hours respectively. In refinery practice the former is used for equipment which can be isolated in the event of failure and the latter where failure would constitute a hazard to life and plant.

There are three stages of creep to which a metal under stress is subject.

The first stage comprises the initial stretch which occurs when a metal is subject to a tensile stress; this is normally extremely small and usually neglected.

During the second stage, the elongation or creep strain increases at a constant rate; the creep strain being governed by the applied load and temperature. It is from this stage in the time-elongation curves of a metal that the stresses causing strain rates of 1% in 10,000 and 100,000 hours are determined.

The third or final stage of creep is that during which the elongation or creep strain proceeds at a rapidly increasing rate until failure occurs.

Creep is only of importance, however, at high temperatures, in the case of ferrite steel, above 960°F., and for austenitic steels, above 1,100°F. Above these temperatures the stress capable of producing a creep strain rate of 1% in 10,000 hours is less than one quarter of the ultimate tensile strength of the material at the same temperature. This can

be seen from the graph illustrating the construction of the maximum allowable stress curve, Fig 392.

The maximum allowable stress curve is obtained as follow:

Two curves, one of one quarter of the ultimate tensile strength of the material, and the other of the tensile stress producing 1% creep strain in 10,000 hours are plotted against the operating temperature of the metal. The combination of these curves giving the least value of stress for any temperature is drawn and this is the maximum allowable working stress curve.

The use of the stress causing a creep strain rate of 1% in 10,000 hours is purely arbitrary but is accepted as affording a good margin of safety against failure. During the past few years a considerable amount of work has been done on long time rapture stress;

The curves of maximum allowable stress are given in Figs. 2 and 3 that corresponding to the creep strain rate of 1% in 10,000 hours being used for furnace tubes and equipment in confined spaces capable of bieng isolated.

Fig. 392 Maximum allowable stress curve

The curve of stress corresponding

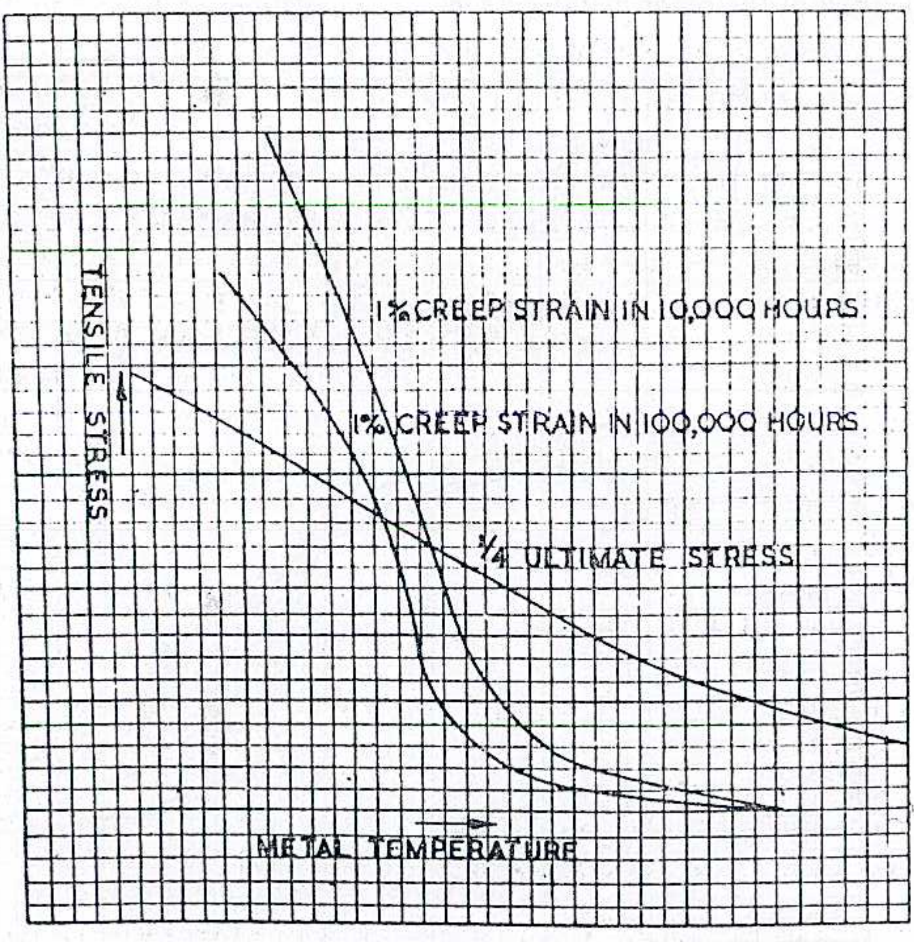


Fig. 392 *Maximum allowable stress curve*

to creep strain of 1% in 100,000 hours is used in all other cases since it provides the greater safety factor necessary for equipment in more hazardous locations.

1) FURNACE TUBES

Aprt from the normal stress set-up in the material of a furnace tube by the internal pressure, further stresses are induced by the differential temperature gradient, since heat is being transferred from the furnace gases to the fluid in the tube.

Stress at the inner metal surface

And stress at the outer matalsurface

$$S \propto 2P \frac{b'K^{2b'}}{K^{2b'}-1}$$

$$S \propto 2P \frac{b'}{K^{2b'}-1}$$

Where P = Pressure in psi

K = Ratio of OD to ID

The terms on the right-hand side represent equivalent stress which is to be compared with the allowable TENSILE stress for the design creep rate. If the SHEAR stress convention is adopted, as in the following calculations, the values of S1/S2 in the above relation-

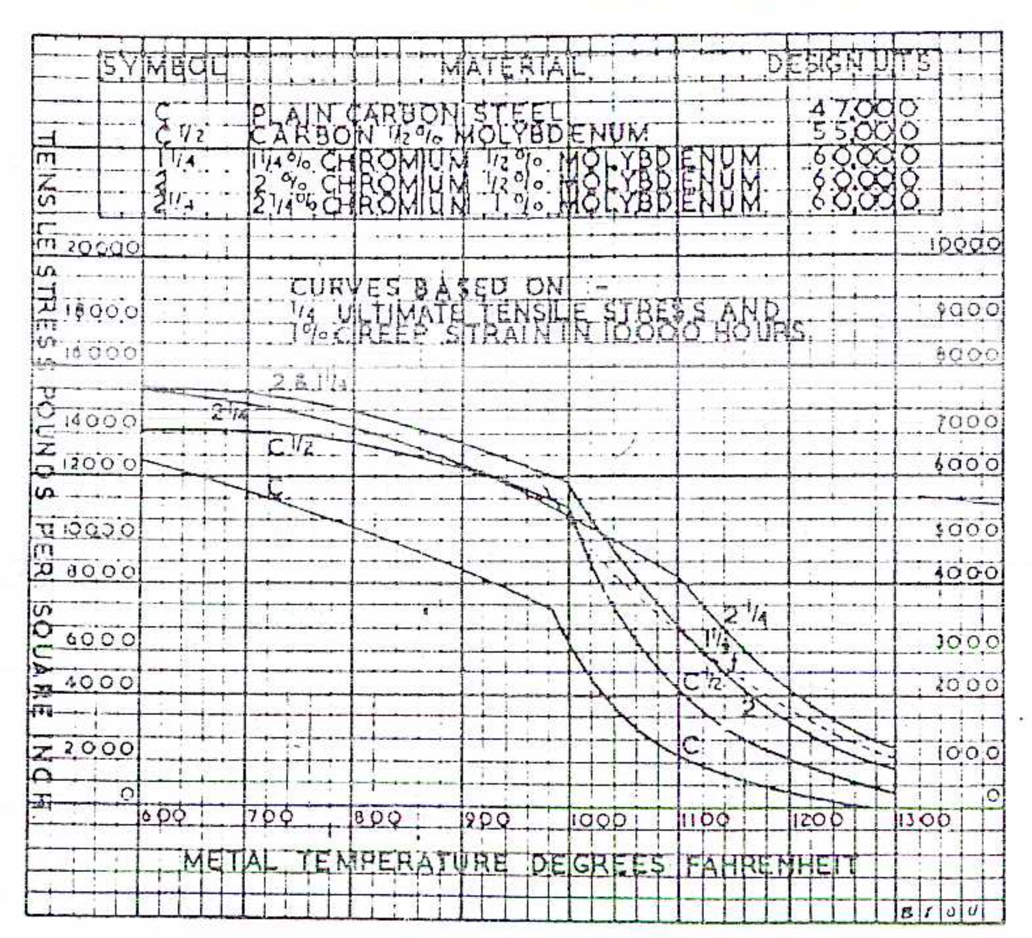


Fig. 393 Allowable stresses for steels (based on 1% creep in 10,000 hours)



16000
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
Tensile Stress Psi
2¼ % Cr
1 % Moly
2 % Cr. 2% moly
carbon steel
½ % Moly
CARBON STEEL
Allowable Stress for Steels based on 1% Creep In 100,000 hours
600
700
800
900
1000
1100
Temperature °F

Fig. 394
Allowable stresses for steels based on 1% creep in 100,000 hours

ship should be divided by 2, and the allowable shear stress read off the stress temperature graph, Fig 393.

These mathematically derived expressions apply to a tube subject to uniform heat flow, a circumstance unlikely to occur in a furnace so that a safety factor in the form of density factor is introduced. In the calculations the mean heat transfer rate calculated or assumed for any section or tube in a furnace is multiplied by this factor to give the maximum heat transfer for that part. By introducing this factor into the expression for heat flow, maximum values of the tube wall temperatures are obtained and an extra allowance is made for the decrease in stress because of in- the expression for b'. It is considered that a tube has reached the limit of its creased temperature by its inclusion in safe life when the wall thickness has been reduced to such an extent that operating conditions impose a stress equivalent to that for a creep strain rate of 1% in 10,000 hours. It is important to note that these estimated stresses to not constitute breaking stresses, so that there is a considerable, though varying safety factor. It is thus required to

determine an internal diameter from known value of temperature, pressure and properties of the material.

In order to apply the following method, it is necessary to assume a value for K, the ratio of the external to the corroded internal diameter of the tube under consideration. While no grat error is caused in the final result by an erroneous assumption, any large discrepancy between the assumed and calculated value of K will necessitate recalculation. The calculation of the heat transfer rates, fluid film coefficients and pressure drop throughout the furnace, involve the use of complicated formulae which will not be discussed here. The values of these three factors for use in the following calculations can usually be obtained by reference to previous reports on the units concerned, or to the design data book if available.

Methods of calculating retiral limit of tubes and headers with examples are given below for the guidance of inspectors.

METHOD OF CALCULATING RETIRAL LIMIT OF A SPECIFIED TUBE IN THE RADIANT SECTION OF A CRACKING FURNACE

Material of Tube	4-6% CHROME 5% MOLY.	
External Dia. of Tube	5.5 inches	= D
Internal dia. of tube	4.5 inches	= d
Temp. of oil in tube (No. 21 in bank of 42 tubes)	1,000°F.	= To
Pressure of oil in tube	894 p.s.i.	= Po
Rate of heat transfer, B.T.U./hr./sq.ft.	8,330	= Q
Fluid film coefficient, B.T.U./hr./°F/sq.Ft.	480	= ho
Calculated pressure drop from tube to coil outlet	144 p.s.i.	= Δ Po
Process factor (from Fig. 395)	10	= Δ Tp
Heat distribution factor for section of furnace (from Fig. 396) $f_1 \times f_2$	= 1.8	= f
Assumed ratio of the external to the corroded internal diameter of the tube 5.5:4.75	= 1.16	= K_1

Temperature drop through fluid film

$$= \frac{fQK_1}{ho} = \frac{1.8 \times 8330 \times 1.16}{480} = 36.2 = \Delta Tf$$

Temperature drop through coke or scale

$$\text{(from Fig. 395)} = \frac{Q}{250} = \frac{8330}{250} = 33 = \Delta Tc$$

Tube design pressure drop factor (from Fig. 395) 1.1 = J

Inside tube metal temp.

$= T_o + \Delta T_p + \Delta T_f + \Delta T_c$

$= 1{,}000 + 10 + 36.2 + 33 = 1{,}079°F = T_1$

Design pressure to be used

$= P_o - \Delta P_o + J \Delta P_o$

$= 894 - 144 + (1.1 X 144) = 910$ p.s.i. $= P_1$

Allowable shear stress from Fig. 392 at T_1 (1,079°F.) = 4,500 p.s.i. = S_1

Metal constant from Fig. 394. = 0.19 = 'b'

Heat density factor from Fig. 396 = 1.21 = f_1

Metal constant from Fig. 397. = .006 = 'a'

Thermal conductivity from Fig. 398. = 220 = 'c'

Formula coefficient

$$= b + \frac{f_1 \ X \ Q \ X \ D \ Xa}{4c}$$

$$= 0.19 + \frac{1.12 \ X \ 8330 \ X \ 5.5 \ X \ .006}{4 \ X \ 220} = 0.58 = 'b'$$

RATIO OF EXTERNAL DIAMETER TO CORRODED DIAMETER OF TUBE IS DERIVED FROM FORMULA

$$K^{2b'} = \frac{S_1 \div P_1}{(S_1 \div P_1) - b'}$$

$$= \frac{4500 \div 910}{(4500 \div 910 - 0.58}$$

$$K^{2b'} = 1.13$$

$$\text{Log } K = \frac{\log 1.13}{2 \ X .58} = \frac{0.0531}{1.16}$$

$$= 0.0457$$

$$\therefore K = 1.111$$

It is now possible to calculate the corroded minimum wall thickness from the formula

$$T = \frac{D(K - 1)}{2K}$$

$$= \frac{5.5(1.111 - 1)}{2 \ X \ 1.111}$$

$$= 0.275 \text{ inch}$$

$$= \frac{18}{64} \text{ inch}$$

As experience has shown that eccentric wastage can take place in furnace tubes, an allowance for this is

added. In this case it would be reasonable to add $\frac{4}{64}$ inch for this contingency, making the retiral thickness and internal diameter $\frac{22}{64}$ inch and $4\frac{52}{64}$ inches respectively.

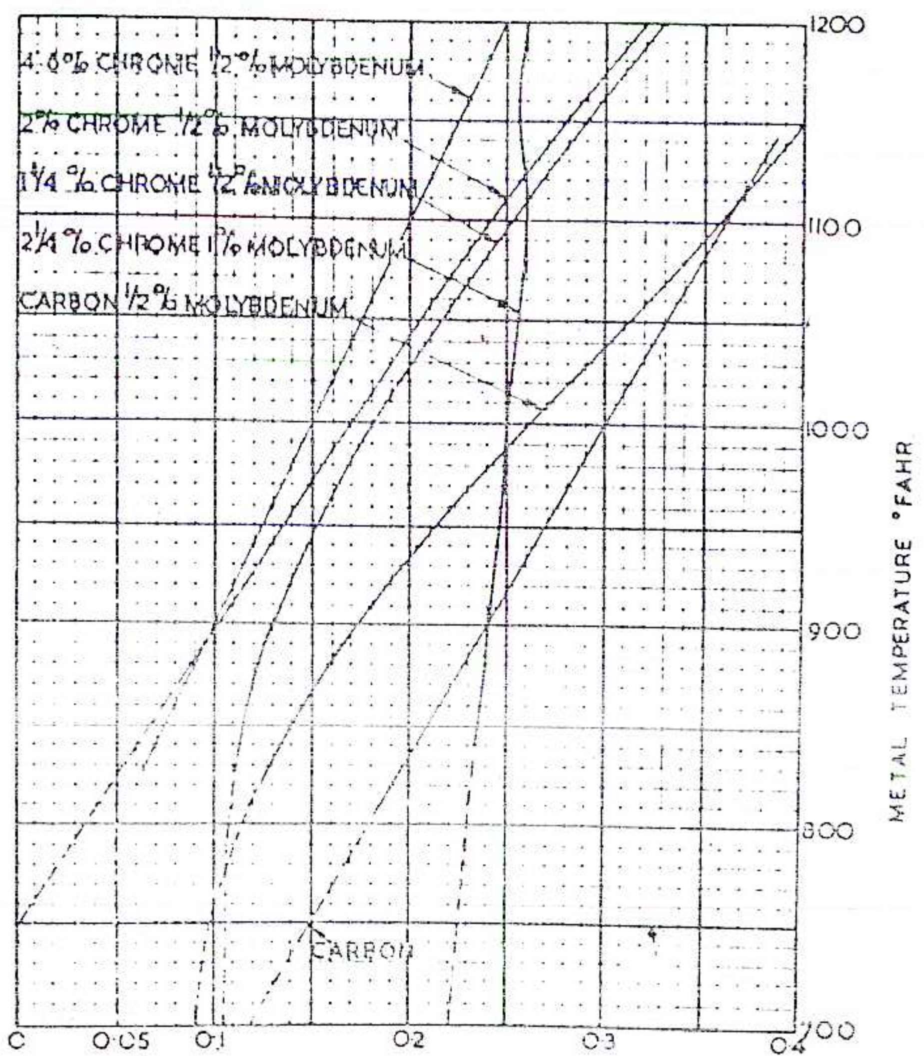


Fig. 395 stress Calculation Metal Constant 'b'.

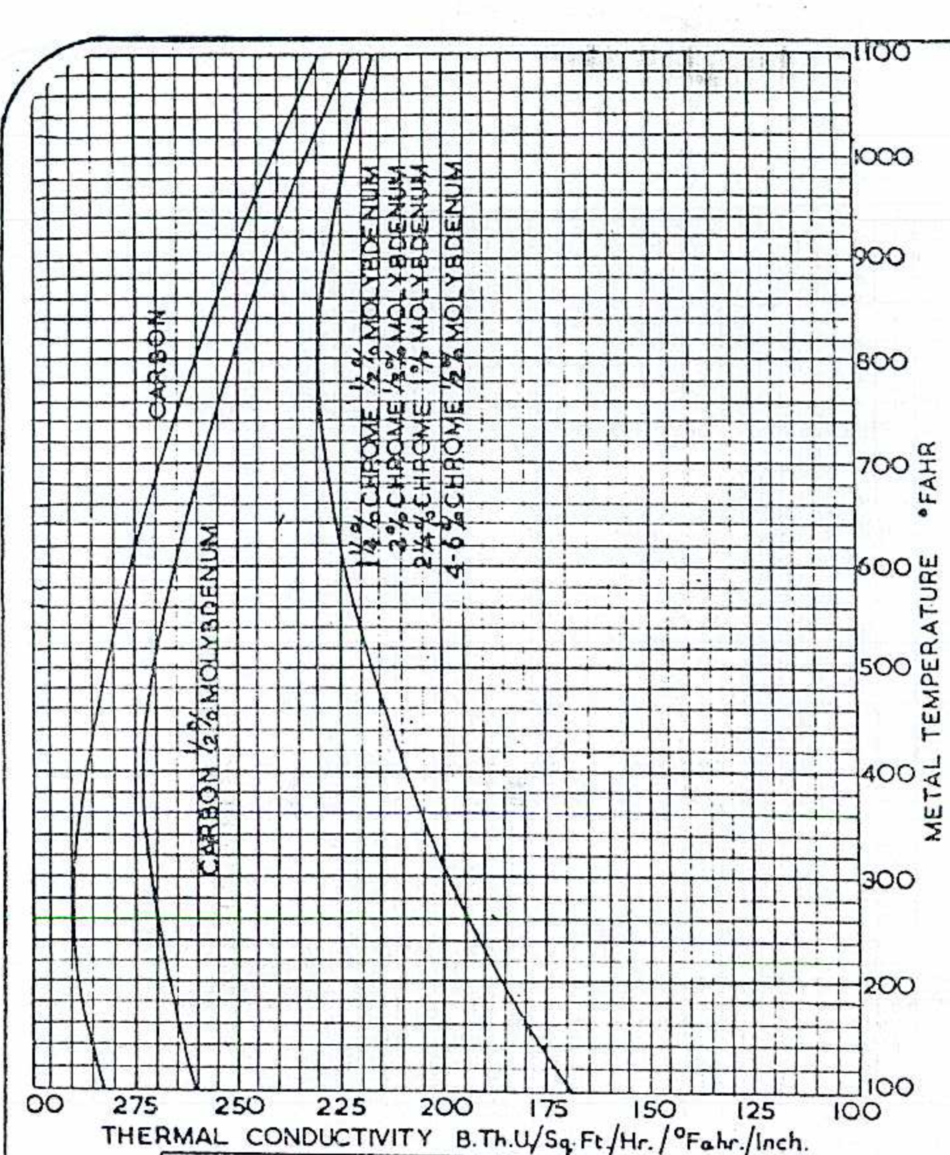


Fig. 396

Thermal conductivities 'c' of steels

Factor	*ΔTp*	*ΔTc*			*J*		
Type of furnace	*Through-out coil*	*All liquid*	*Liquid and Vapour phase*	*Vapour phase*	*All liquid*	*Liquid and vapour*	*Vapour phase*
Vis. breakers and delayed cokers	10	0	Q/200		1·0	1·50	1·80
Reboilers	10	0	Q/100		1·0	1·25	1·10
Crude and re-run heaters	10	0	For temp. above 700° F. Q/250	For temp. above 750° F. Q/250	1·0	1·15	1·10
Phenol heaters	10	Q/250	Q/250	Q/250	1·0	1·15	1·15
Crackers with no soaker	10	0	For last 50° F. oil temp. Q/250	For last 50° F. oil temp. Q/250	1·0	1·15	1·15
Crackers with soaker	10	0	Q/250	Q/250	1·0	1·20	1·20
Naphtha reformers	10	0	0	Soaker only Q/250	1·0	1·10	1·10
Gas reversion coils	5	0	0	Soaker only Q/250	1·0	1·10	1·10
Thermal polymerisation coils	5	0	0	Soaker only Q/1,000	1·0	1·0	1·10
Gas heaters	10	0	0	Q/1,000	—	—	1·10

Fig. 397 *Allowances for process variations*

ΔTp = Process allowance on oil temperature added to allow for possible increase in temperature for processing.
ΔTc = Allowance for possible coke deposit and resultant temperature drop through coke layer.
J = Safety factor on pressure drop calculations and possible increase in throughput.

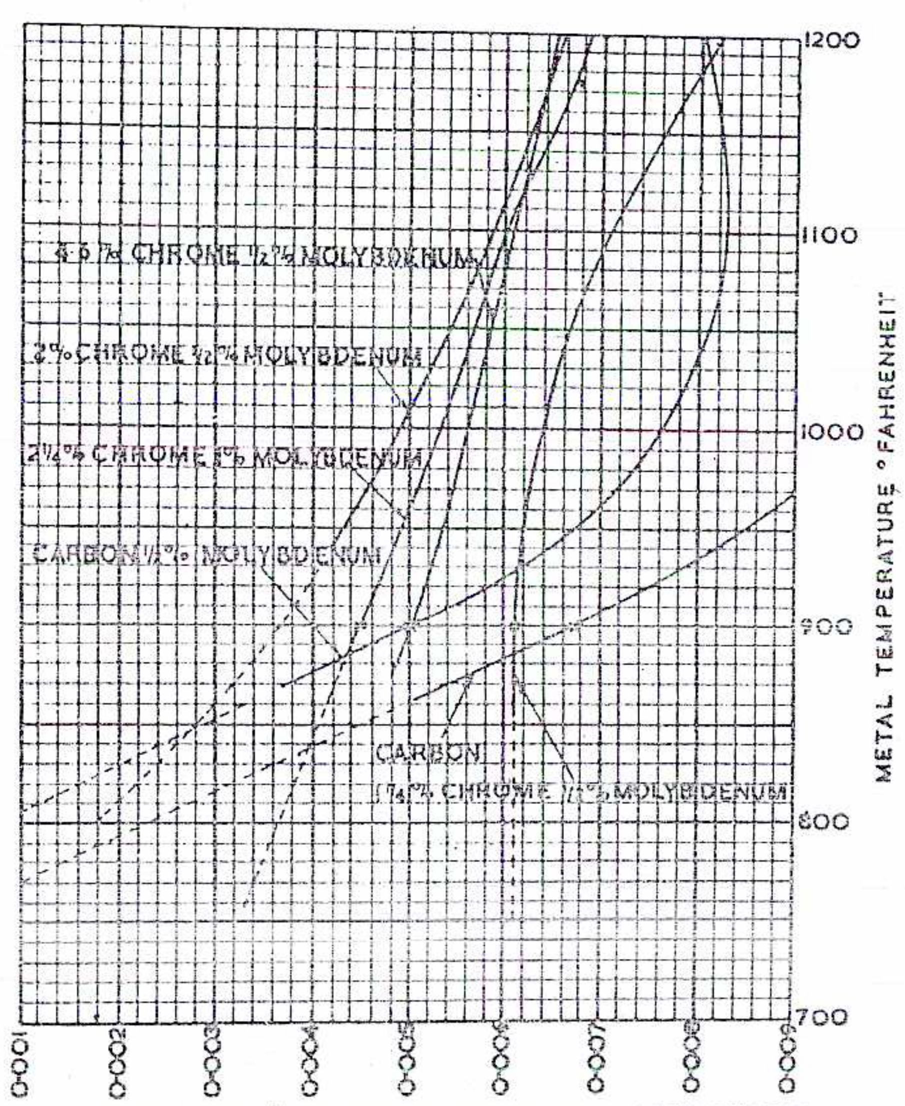


Fig. 398 Stress calculations.
Metal constant 'a'

TYPE OF FURNACE	SECTION	fA	fB	f1	f2	f
Box Type with Roof floor and Wall Tubes.	Roof	1.10	1.10	1.210	Rm/1.25R	$f_1 X f_2$
	Walls	1.10	0.85	0.935	Rm/1.25R	$f_1 X f_2$
	Floor	1.10	1.00	1.100	Rm/1.25R	$f_1 X f_2$
Box Type with Roof and Wall Tubes.	Roof	1.10	1.10	1.210	Rm/1.25R	$f_1 X f_2$
	Walls	1.10	0.85	0.935	Rm/1.25R	$f_1 X f_2$
Box Type with Roof and Floor Type	Roof	1.10	1.10	1.210	Rm/1.25R	$f_1 X f_2$
	Floor	1.10	0.90	0.990	Rm/1.25R	$f_1 X f_2$
Vertical tube type	Radiant	1.20	1.00	1.200	Rm/1.25R	$f_1 X f_2$
All types	Shield	1.10	*	fAXfB	1.60	$f_1 X f_2$
	Convec.	1.10	*	fAXfB	1.60	$f_1 X f_2$

Fig. 399 Heat density Factors

fA = Factor to account for variations in heat transfer rate along the length of the tube.

fB = Factor to account for variation in heat transfer rate from section to section.

f_1 = fA X fB = Overall factor to account for variation in average rate.

f = fA X fB X f2 = f1 X f2

Rm= Maximum outside heat transfer rate around circumference of the tube.

R = Average outside heat transfer rate around circumference of the tube.

f_2 = Can be taken as 1.50.

* = For shied use heat transfer rates as calculated for each row.
For convection sections use heat transfer rates for each row proportional to the mean logarithmic temperature difference for that row.

The above calculations have been made using the temperature at the inner tube wall surface, when the stress is greatest. If it is desired to check the tube for the stress at the outer fibres of the tube wall, a further calculation must be made as follows:

$$= \frac{fQD\ (K - 1)}{(K + 1)\ C}$$

$$= \frac{1.8 \times 8{,}330 \times 5.5\ (1.111 - 1)}{(1.111 + 1) \times 220}$$

$$= 19.8°F. \qquad = \Delta T_t$$

Outer tube metal temperature

$$= T_1 + \Delta T_t = 1{,}079 + 19.8$$

$$= 1{,}098.8°F = T_2$$

Stress at outer Tube Surface

$$= \frac{P_1\ b'}{K^{2b'} - 1}$$

$$= \frac{910 \times 0.58}{1.13 - 1} = 4{,}060 \text{ P.s.i.} = S_2$$

The allowable shear stress from Fig. 392 at Temperature $T_2 = 4{,}100$ p.s.i. from a comparison of the calculated and tabular stresses (T_2) it will be seen that the two figures very closely agree.

2) FURNACE JUMP-OVERS AND TRANSFER LINES

The same method of calculation of the minimum allowable wall thickness as that detailed above is used for these lines.

Certain of the temperature allowance calculations however are unnecessary since there is no input of heat through the tube wall and b' thus becomes equal to b in all cases. The maximum allowable stress is based on a creep strain rate of 1% in 100,000 hours and is taken from Fig. 393.

3) FURNACE HEADERS

An example of calculating the minimum thickness of a cast steel header is given below:

Header material 2% chrome. 5% molybdenum

Outside diameter = 9.125 inches

Thickness = 1.3125 niches

Operating pressure in header = 894 p.s.i.

Operating pressure corrected for a casting, by factor 0.7

$$= \frac{894}{0.7} = 1277 \text{ p.s.i.}$$

Operating temperature = 1,000°F

Corrosion allowance = .125 inch

Allowable stress from Fig. 393 at 1,000°F = 5,600 p.s.i.

From formula

$$\frac{P}{S} = \frac{1}{0.5\left(\frac{D}{T} - 0.4\right)}$$

$$T = \frac{D}{2\left(\frac{S}{P} + 0.4\right)}$$

$$T = \frac{9.125}{2\left(\frac{5600}{1277} + 0.4\right)}$$

T = 0.955 inch + corrosion allowance .125 inch,

T = 1.08 inch.

Where

P = corrected pressure,

S = allowable stress at operating temp. (Fig. 393).

D = outside diameter of header.

T = minimum thickness required.

The calculation shows an excess thickness of 1.3125 inches − 1.08 inches $= .232$ inch or $\frac{15}{64}$ inch exclusive of corrosion allowance.

It should be noted that while the tendency is towards the use of cast steel headers there are many forged steel headers still in use and calculations for this type of header are based on the lamé formula:

$$S = \frac{P(D^2 + d^2)}{D^2 - d^2}$$

BUT since the corroded internal diameter is required, the formula can be adapted to a more convenient form;

$$d = \frac{D^2(S - P)}{S + P}$$

The side wall of the header being cut away to accommodate the cross-over connection, thus detracting from the strength of the body, due allowance must be made.

Header allowable operating pressure or minimum wall thickness are calculated from the above formula, in which a stress factor of 1.5 is incorporated to compensate for loss of side wall. The allowable tensile stress used in the formula is that taken from Fig. 393 i.e. the stress causing a creep strain rate of 1% in 100,000 hours, divided by the stress factor of 1.5.

Assuming the conditions to be the same as those used in the previous example, the calculations for a forged steel header of similar material and dimensions are as follows:

$$d = \sqrt{\frac{D^2(S - P)}{S + P}}$$

$$d = \sqrt{\frac{(9.125)^2(3733 - 894)}{3733 + 894}}$$

d = 7.13 inches.

The minimum thickness therefore is:

$$\frac{9.125 - 7.13}{2}$$

= .997 inch or 1.122 inch with .125 inch corrosion allowance.

This calculation shows an excess thickness of 1.3125−1.122=.19 inch exclusive of corrosion allowance.

The circular cross-overs of furnace headers are not subject to the limitation imposed by a side opening, and the lamé formula can be applied without the use of the stress factor. Other sections of cross-overs require special treatment and used not be entered into here.

4) TOWERS AND VESSELS

The barlow formula is used for the calculation of the minimum allowable thickness of the shell plates of towers and vessels.

$$t = \frac{P.Dm}{2SE}$$

The A.P.I. — A.S.M.E. 'Code for Unfired Pressure Vessels' for petroleum liquids and gases, which uses this formula, has been found by experience to be a most comprehensive guide for the construction of oil refinery vessels and is recommended.

The following notes should be used in conjunction with the above code. With regard to the calculation of shell thickness the code states that

"In addition, provision shall be made through increased thickness; for the loading, other than internal pressure",

It is not usual to take cognisance of these additional loadings when calculating the minimum thickness of the various parts of a vessel for the purpose of certifying it fit for further service. It is accepted that allowance for impact loads, fluctuating pressures, wind loads, etc., is made by taking as the maximum

allowable working pressure, the normal working pressure plus 10%, that being the value at which the safety valve is set to release.

Temperature differences may exist in various sections of a vessel and in designing such a vessel, the safe allowable stress in the material is based on the maximum temperature.

Safe allowable stresses are constant up to a temperature of 650°F., But thereafter decrease as the temperature increases.

The Joint efficiencies used in the formula are those indicated in the code.

There are five main types of heads used in pressure vessel design and are as follows:

1. Ellipsiodal with a ratio of inside major axis to inside minor axis not exceeding 3:0, the appropriate formula being

$$t = \frac{PVD}{2SE - 0.2P} + \text{corrosion allowance.}$$

2. Dished (torispherical)

$$t = \frac{PLW}{2SE - 0.2P} + \text{corrosion allowance.}$$

Consisting of a spherical segment (crown) having an inside radius not exceeding the outside diameter of the skirt (flange) of the head.

In good design the knuckle radius of the head should not be less than 6% of the crown radius and in no case less than three times the head thickness.

3. Hemispherical

$$t = \frac{PD}{4SE - 0.4P} + \text{corrosion allowance.}$$

4. C O N I C A L

$$t = \frac{PD}{2\cos\alpha\,(SE - 0.6P)} + C.$$

When α is greater than 30°, the head should be attached to the shell by a nuckle having the same proportions as those required for a dished head, using the outside diameter of the vessel at the point of attachment as a basic for computing the knockle radius.

5. F L A T.

The thickness of flat Cover Plates

$$t = d\sqrt{\frac{CP}{S}} + \text{corrosion allowance.}$$

This formula should be applied for those cover plates not already covered by standard bolted blank flanges requiring type jointing.

'C' in the formula is a factor ranging from 0.162 to 0.75 dependent of the method of attachment of head to shell. This is given as 0.162 for plate rigidly riveted or bolted to shell flanges with full face joints, and for heads integral with shell, when in the latter case the interanl diameter of the shell does not exceed 24 inches, 0.25 for flanged plates forged integral with or butt welded to the shell with properly designed internal corner radii, 0.30 for flanged plates attached to shell by means of circumferential lap joints, riveted or welded, 0.45 for plates bolted to shell flanges in such a way as to tend towards dishing the plate, 0.5 for plates fusion welded to the inside of

the shell.

Reference to the code should also be made for calculations on vessel subject to external pressure.

5) FLANGES

The formulae given in the code for the design stresses in a flange with or without a hub, while not being mandatory, offer the designer valuable assistance, but a simpler procedure may be used by the inspector as an approximation in order to check on the stresses in flange and bolts, and involves an assumption for the value of the load on the gasket due to tightening the bolts.

The flange of a manhole, nozzle or pipe may be treated as a beam that is supported at the outside diameter of the fitment, load at the pitch circle diameter of the bolts of width equal to the pitch of the bolts. The following example will serve to illustrate the method of approximation: The manhole of a reactor chamber operating at a pressure of 1,000 p.s.i. and 750°F has the following dimensions, Fig. 400.

Direct load on cover bolts due to internal pressure

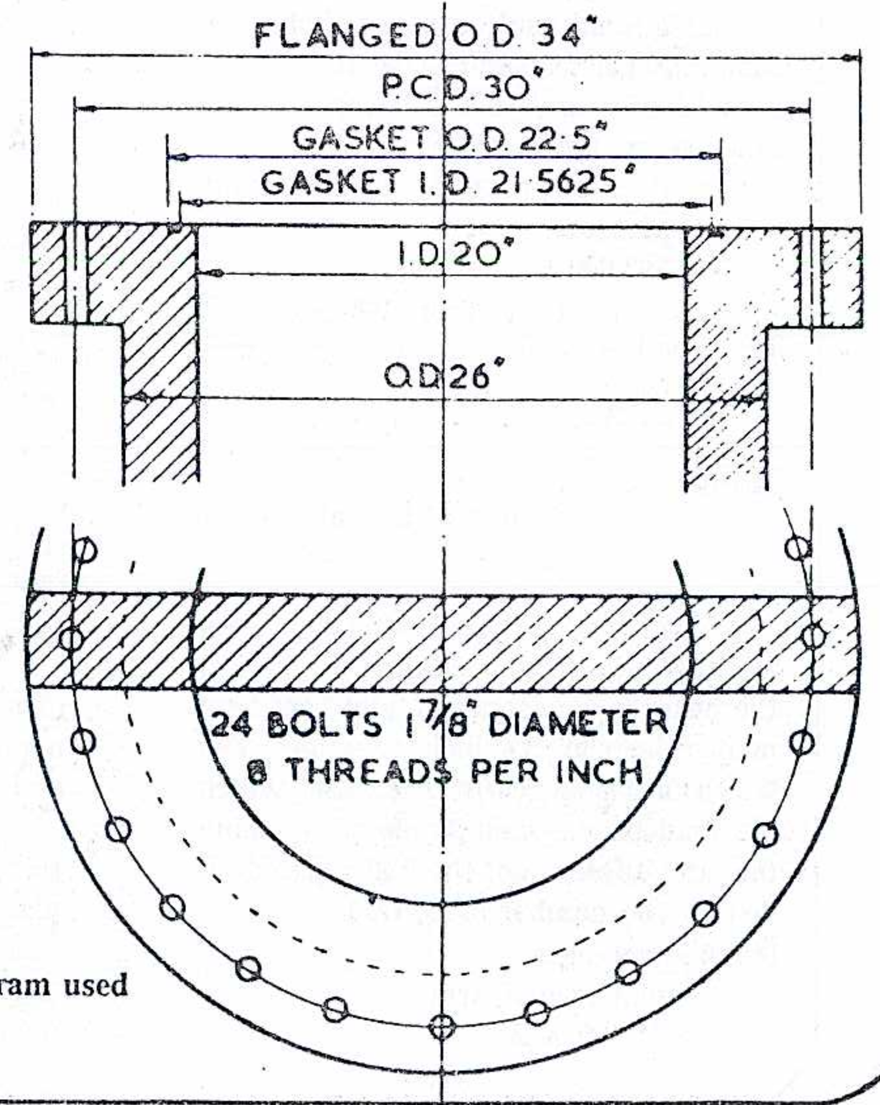


Fig. 400 Manhole door. Diagram used in calculations

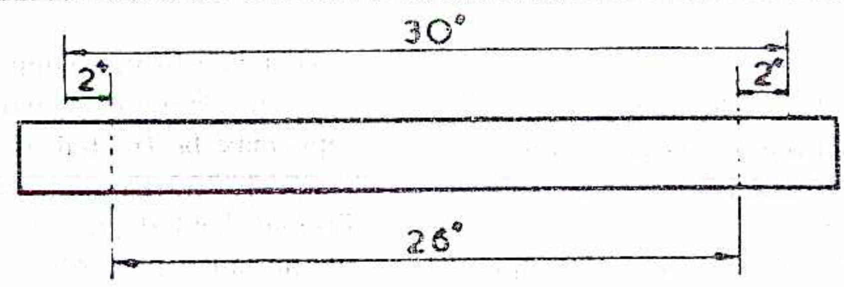


Fig. 401 Manhole door. Diagram used in calculations

= Area of cover inside gasket X working pressure

$$= \frac{11 \times 21.56^2 \times 1,000}{14} = 365.000 \text{ lb.}$$

Additional load on cover bolts to compress gasket sufficiently to contain internal pressure (this is based on 12 times the working pressure)

= Area of gasket X 12 X working pressure

= 392,000 lb.

$$\text{Total load per bolt} = \frac{365,000+392,000}{24}$$

= 31,500 lb.

$$\text{Stress in bolt} = \frac{\text{load on bolt}}{\text{area of bolt at bottom of thread}}$$

The flange may be treated as a beam as shown by the shaded area in Fig. 400 the beam being of rectangular section 4 inches deep by 3.4 inches wide. The width of 3.4 inches is that over which the load on one bolt is effective, being the circumference of the bolt circle divided by the number of bolts.

Bending moment

= bolt load X arm

= 31,500 X 2

= 63,000 inch lb.

Stress in the flange

$$= \frac{\text{bending moment}}{\text{modulus of section}} \quad \frac{MY}{I}$$

Y = half depth of beam

$$I = \frac{\text{breadth X depth}^3}{12} = 18.15$$

Stress in flange

$$= \frac{63,000 \times 2}{18.15}$$

= 6,950 lb. per square inch.

As this stress is much lower than the maximum allowable stress 12,050 lb. per square inch at 750°F. for carbon steel firebox quality, there is a considerable corrosion allowance available.

6) NOZZLES

The minimum allowable thickness of a nozzle is determined in the same manner as the shell thickness of towers and vessels.

All nozzles or openings (with certain exceptions) cut in the shell and end plates of vessels require reinforcement due to the loss of strength of the plate. A method of computation for reinforcement is given in the code to which refe-

rence should be made, but in general, the amount put back as reinforcement should at least equal the amount cut out.

Exceptions to this rule are openings up to and including 3 inch pipe size if in plate of 3/8 inch or less, and up to and including 2 inch pipe size if in plate exceeding 3/8 inch, after deducting corrosion allowance. These openings do not require reinforcement as it is considered that there is adequate inherent reinforcement in the attachment.

7) PIPEWORK

The minimum wall thickness allowable for pipes and tubes other than those previously dealt with, are usually calculated by the Barlow formula, but, in certain cases where the nominal diameter of the pipe is 4 inches or more and the thickness of the pipe is equal to or greater than 10% of the inside diameter, the lamé formula is used.

$$t = \frac{d}{2}\left(\sqrt{\frac{SE + P}{SE - P}} - 1\right)$$

Calculations based on these formulae give heavier and safer walls than those based on the theoretically correct Clavarino formula, which expresses, true stresses, due to the pressure in the tube wall and based on the coefficient of lateral expansion, i.e. Poisson's ratio. Using a value of 0.300 for this ratio, the Clavarino formula becomes:

$$t = \frac{d}{2}\left(\sqrt{\frac{SE + 0.4P}{SE - 1.3P}} - 1\right)$$

Poisson's ratio is difficut to determine accurately, particularly at high temperatures, and the above formula should be treated with reserve.

On no account should the Barlow, lamé or Clavarino formulae be used for tubes subject to heat transfer or high temperature since they make no allowance for the stresses set up in a tube wall by the difference of temperature; this of course mainly applies to furnace tubes.

8) FURNACE TUBE ROLLING

A considerable amount of research has been carried out by various designers and suppliers of oil equipment, to determine the influence of the type of serration in a furnace tube header on the rolling characteristics, tightness and holding power of this type of joint. Some forms of header serrations are shown in Fig. 402.

The amount by which the tube is increased in diameter on rolling into the header bears a definite relationship to penetration of the tube metal into the serration, the original thickness of the tube wall and hardness of the material of the tube. This relationship has been determined experimentally and the results are shown graphically in Fig 403.

From this graph the amount of effective roll for tubes of any size, wall thickness and material can be obtained.

The figure so obtained represents the amount by which the tube would have to be rolled if, at the time of commencing rolling, the tube had been in close contact with the header. A certain amount of clearance, is necessary to allow the easy insertion of the tube. With new tubes and headers, this clea-

rance is small, approximately 2/64 inch, and the amount of rolling necessary to bring the tube into contact with the header is taken as one and one half times this amount.

Thus the total increase in diameter, or roll of tube with a new header is the sum of the effective roll and one and half times the clearance.

It is sometimes found that headers which have been in service, stretch to a certain extent, increasing the clearance between a new tube and header. This clearance may now range from 4/64 to as much as 10/64 inch, and it is the general practice to make the total roll equal to the effective roll obtained from the Fig. 403 plus the clearance. In such a case the total roll should not exceed 20/64 inch. Headers in which the clearance exceeds 10/64 inch are usually rejected as unfit for further service.

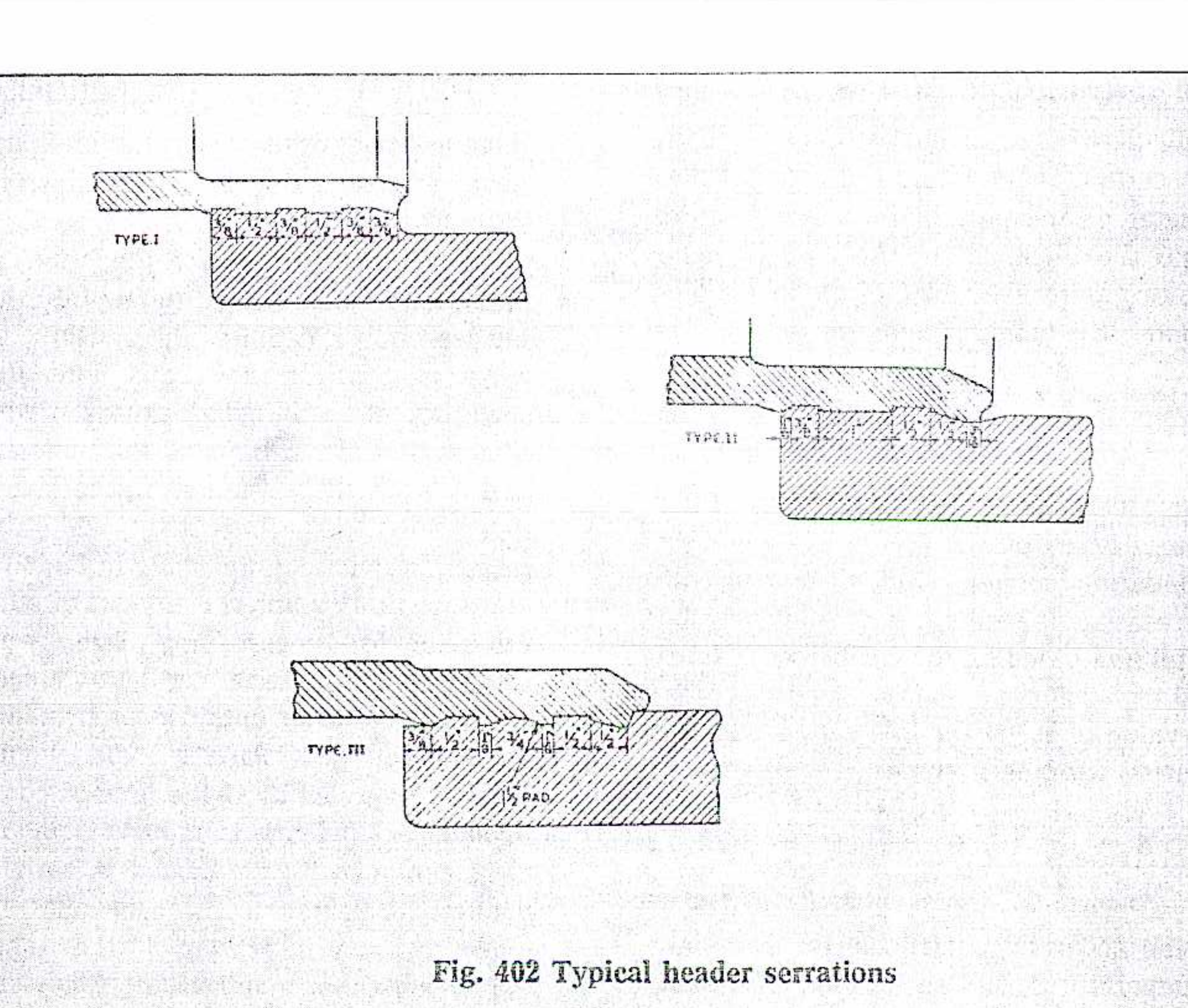


Fig. 402 Typical header serrations

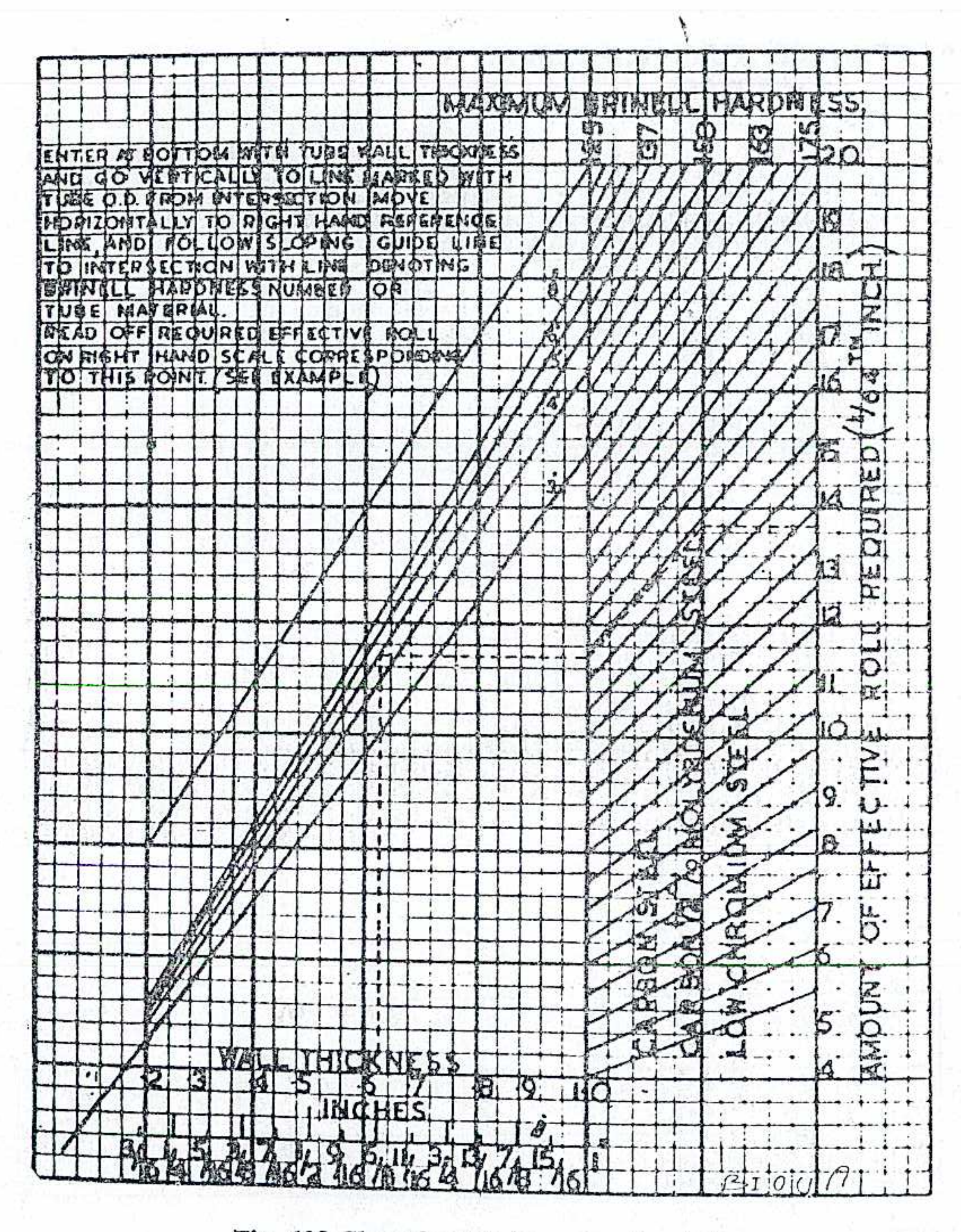


Fig. 403 Chart for use in computing tube rolling allowances

9. FURNACE TUBE EXPANSION FACTORS

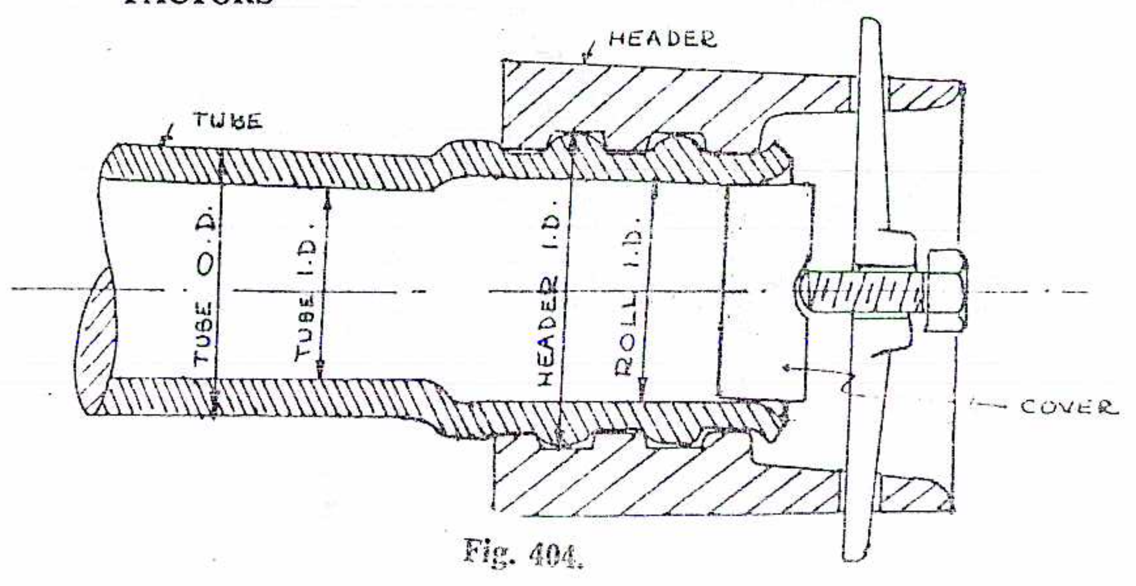


Fig. 404.

Clearance = Header I.D. − Tube O.D.
Total Expansion = Clearance + Expansion Factor*
Roll I.D. = Total Exp. + Tube I.D.

---

*

TUBE EXPANSION FOR ROLLING FOR MINMUM WALL THICKNESS													
WALL THICK.	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	9/16"	5/8"	11/16"	3/4"	13/16"	7/8"	15/16"	1"
EXPANSION	6/64"	6/64"	7/64"	8/64"	9/64"	10/64"	11/64"	12/64"	13/64"	14/64"	14/64"	15/64"	15/64"

NOTE:

1. For Max. security the tube shall be neither under-rolled nor over-rolled.
2. The factors above apply only when installing a new tube in a new header, when tube O.D. & header I.D. meet the standard tolerance.

10. PROCEDURE FOR AN INSERT PATCH TO A PRESSURE VESSEL SHELL

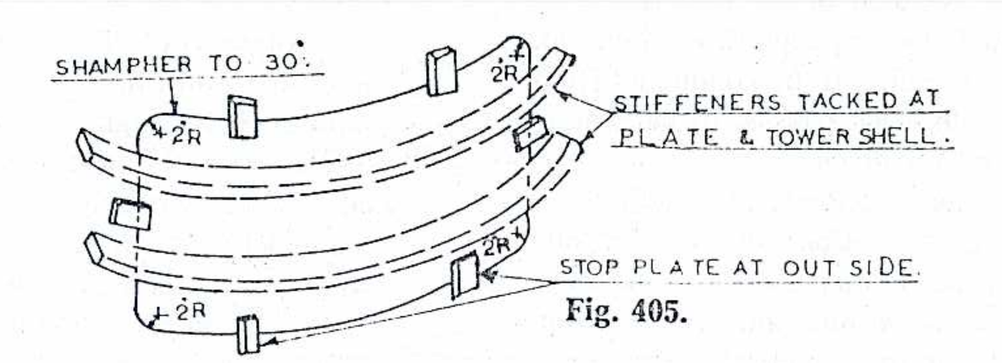


Fig. 405.

I— Procedure for fixing the insert patch:

a — Measure the shell thickness of the vessel and locate the area to be patched.

b — Be sure that the thickness around the area to be patched is not to be less than the retired thickness recommended. Then locate exactly the area that is going to be cut and removed.

c — Cut out the located area of the patch with the corners of 2" radius.

d — Cut out a tin plate patron of the finished opening before cutting the insert-patch, so that to use it as a guide patron for the right size and shape of the patch.

e — Cut out and prepare the insert-patch as shown in Fig. 405.

f — Fit the insert-patch so that to have a root gap after weld preparation not larger than 1/16".

g — Fit to the patch radial stiffeners to the inside of column, and fit short stop plates on outside as shown in fig. 405.

II — Welding Procedures:

a — One qualified welder is to carry out the welding.

b — Preparation is as shown in Fig. 406. Match of the plates from the inside.

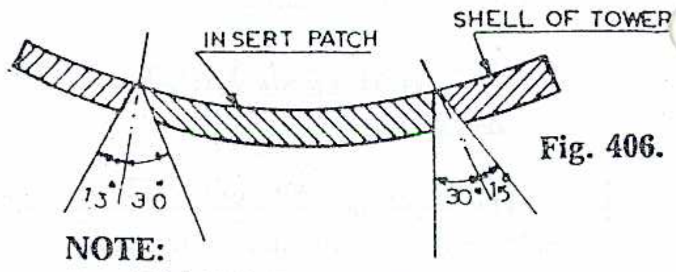


Fig. 406.

NOTE:

ROOT GAP MUST NOT EXCEED 1/16 AFTER FITTING.

c — Welding sequence is to be carried out in such a way as to minimize distortion and straining. Follow the recommended procedure as shown in Fig. 407.

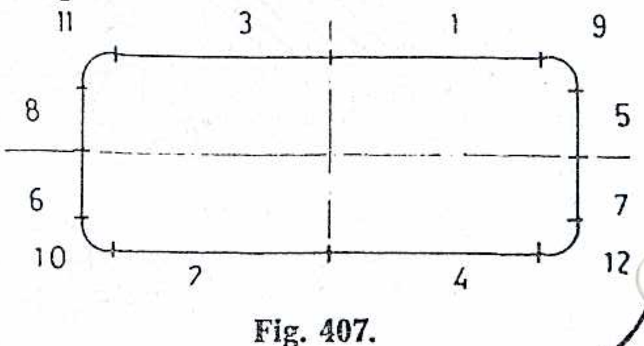


Fig. 407.

d — Welding of the root run is to be conducted with gauge 12 welding rod.

e — Welding to be conducted from the out-side, each pass is to be ground and tested for cracks.

Use the Dye Penetrant Method.

After completion of the out-side welding, the welding seem is to be chipped from the inside, and after testing for cracks is to be welded.

f — After completion, the weld is to be radiographed, and the defects are to be rectified.

g — The vessel is to be steam-tested at the design pressure.

11) ALIGNMENT OF UNEQUAL PIPE INTERNAL DIAMETER:

The recommended alignment of pipe weld joint of unequal ends at internal diameter given by AMERICAN STANDARD CODE FOR PRESSURE PIPING (ASME) (ASA B31. 1-1955) under Section-6, Paragraph 629, Base Metal Preparation for welding under section (a-3) Aligrment, given as follows:

"Alignment" The ends of pipe-to-pipe, pipe-to-fitting, and pipe-to valve joints shall be aligned as accurately as is practical within the existing commercial tolerances on pipe diameters, pipe wall thickness and out-of-roundness. Alignment should provide the most favorable conditions for the deposition of the root bead.

This alignment must be preserved during welding. In case where ends of unequal diameter are abutted, and the internal misalignment exceeds 1/16 in. the pipe with the smaller internal diameter shall be internally trimmed so that adjoining internal diameters will result in approximately the same thickness as in Fig. 408.

In no case, however, shall trimming of the inside diameter result in a wall thickness less than the minimum required for the service condition as prescribed in the applicable section of the code."

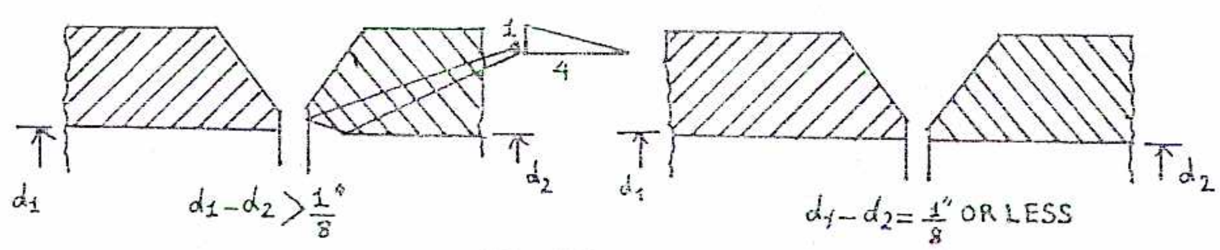


Fig. 408

BUTT WELDING OF PIPES OR FITTINGS OF UNEQUAL WALL THICKNESS

12) QUICK METHOD FINDS NEED FOR PIPING REINFORCEMENT

Use the equation:

Schedule Number = 1000 P/s

If design pressure $P_d \leq 0.4$ P. then reinforcement is not required. But if $P_d \geq 0.4P$, the method mentioned below should be used to check the design.

Examples:

a. A 4-in., connection is to be cut into a 6-in. schedule 40 steam line that was designed for 400 psi. and 700°F Using A-106 Gr. B pipe for the connection, is reinforcing required?

a = 14,350 psi.

p = (14,350/1,000) 40 $\simeq$ 570 psi

P_d = (400/570) P = 0.7 P.

Therefore a method should be used to determine the amount of the reinforcement required. Note that if the schedule number is increased to 80 reinforcement would not be required. This approach may be more economical than reinforcement on large headers with closely spaced nozzles.

b. A 3-in. connection is to be cut into an 8-in. schedule 40 service water header designed for 150 psi. at 120°F. With A-106 Gr. B, is reinforcement required?

s = 15,000 psi.

p = (1,5000/1,000) 40 $\simeq$ 600 psi.

P_d = (150/600) P = 0.25P.

Therefore reinforcement is not required in this case.

The advantages of the approach outlined here are speed conservative design, and reduction of the number of calculations required.

13- PRESSURE-TEMPERATURE RATINGS FOR STEEL PIPE FLANGES AND FLANGED FITTINGS

Material: Carbon Steels.
Facing: Other than Ring-Joint.

Fluid	Primary Service Pressure Ratings	150	300	400	600	900	1500	2500
	Hydrostatic Shell Test Pressures	350	900	1200	1800	2700	4500	7500
	Service Temperature Deg F	Maximum, Non-Shock, Service Pressure Ratings at Temperature from 100 to 1000 F.						
Water, Steam, Oil	100	230	600	800	1200	1800	3000	5000
	150	220	590	785	1180	1770	2950	4915
	200	210	580	770	1160	1740	2900	4830
	250	200	570	760	1140	1710	2850	4750
	300	190	560	740	1120	1680	2800	4660
	350	180	550	725	1095	1645	2740	4565
	400	170	540	710	1075	1615	2690	4475
	450	160	525	700	1050	1580	2630	4380
	500	150	500	665	1000	1500	2500	4165
	550	140	475	630	950	1420	2370	3950
	600	130	445	590	890	1330	2220	3700
	650	120	415	550	830	1240	2070	3450
	700	110	380	500	760	1140	1900	3160
	750	100	340	450	680	1020	1700	2830
	800	92	300	400	600	900	1500	2500
	850	82	245	330	490	740	1230	2050
Oil	900	70	210	280	420	630	1050	1750
	950	55	165	220	330	495	825	1375
	1000	40	120	150	240	360	600	1000

AMERICAN STANDARD CODE FOR PRESSURE PIPING

Fig. 409.

Pressure-Temperature Ratings for Steel Pipe
Flanges and Flanged Fittings

Material: Carbon Steels
Facings : Ring-Joint

	Primary Service Pressure Ratings	150	300	400	600	900	1500	2500
Fluid	Hydrostatic Shell Test Pressures	425	1100	1450	2175	3250	5400	9000
	Service Temperatures Deg F	Maximum, Non-Shock, Service Pressure Ratings at Temperatures from 100 to 1000 F						
Water, Steam, Oil	100	275	720	960	1440	2160	3600	6000
	150	255	710	945	1420	2130	3550	5915
	200	240	700	930	1400	2100	3500	5830
	250	225	690	920	1380	2070	3450	5750
	300	210	680	910	1365	2050	3415	5690
	350	195	675	900	1350	2025	3375	5625
	400	180	665	89	1330	2000	3330	5550
	450	165	660	875	1320	1975	3295	5490
	500	150	625	835	1250	1875	3125	5210
	550	140	590	790	1180	1775	2955	4925
	600	130	555	740	1110	1660	2770	4620
	650	120	515	690	1030	1550	2580	4300
	700	110	470	635	940	1410	2350	3920
	750	100	425	575	850	1275	2125	3550
	800	92	365	490	730	1100	1830	3050
	850	82	300	400	600	900	1500	2500
	900	70	210	280	420	630	1050	1750
	950	55	165	220	330	495	825	1375
	1000	40	120	160	240	360	600	1000

AMERICAN STANDARD CODE FOR
PRESSURE PIPING

Fig. 410.

019

14) WHEN TO STRESS RELIEVE A PRESSURE VESSEL:

This nomogram may be used to quickly and easily determine whether a pressure vessel must be stress relieved to meet the requirements.

Note that the requirements for pressure vessels dimensioned by the outside diameter may be determined directly from this chart. The formula given by the code is based on the inside diameter of the vessel.

t = maximum thickness permitted without stress relief.

DI = Inside diameter.

Do = Outside diameter.

Para. UCS 56 gives, $t = \frac{DI+50}{120}$

But also $t = \frac{Do+50}{122}$

Which is derived as follows:

$t = \frac{DI+50}{120}$ and $DI = Do - 2t$

then

$t = \frac{Do-2t+50}{120}$

$122t = Do+50$

$t = \frac{Do+50}{122}$

The rules for use of this nomogram are as follows:

1. The solid and the broken diagonal reference lines are to be used separately depending whether the vessel is dimensioned by outside or by the inside diameter.

2. The diagonal broken line

$t = \frac{DI+50}{120}$

is to be used when the vessel is dimensioned by the inside diameter. Follow the veritical line downward from the inside diameter on the top scale until it intersects with the horizontal line from the given thickness. If the intersection lies on or below the broken line, stress relief is not required.

Example: For a vessel 70 inches ID and 1.00 inch thick, the intersection lies above the broken line. Therefore, stress relief is required.

3. The diagonal solid line

$t = \frac{Do+50}{122}$

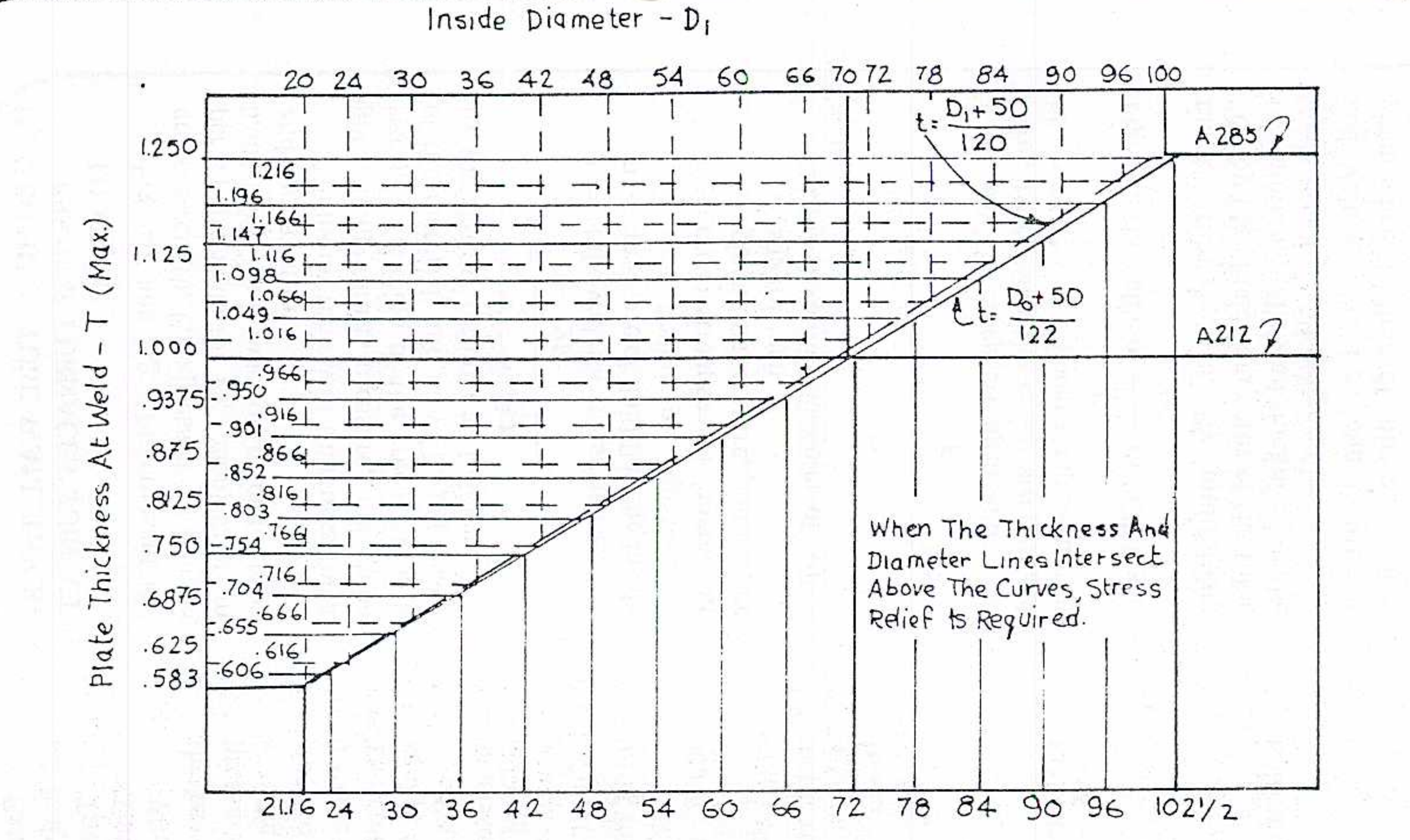
represents the maximum thickness of a vessel shell not requiring stress relief when the vessel is dimensioned by the outside diameter.

If the intersection of the vertical line upward from the given outside diameter with the horizontal line from the shell thickness, is below or on the solid line, stress relief is not required.

Example: For a vessel 72 inches OD X 1.00 inch thick, the intersection point is on the solid line. Therefore, stress relief is not required. But the intersection point for 72 inches OD X 1.1/8 inches lies above the line. Therefore, stress lief is required.

4. Note also the horizontal lines in the upper right of the nomogram labelled "A-285" and "A-212". These are extensions of the diagonal lines which represent the maximum thicknesses for A-212 and A-285 steel that may be used without stress relief regardless of diameter.

Example: A vessel 96 inches OD (or ID) and 1.1/8 inches thick requires stress relief for A-212 steel, but not for A-285 steel.



NOTE: This Nomograph Based On ASME Code For Unfired Pressure Vessels, Paragraph UCS 56 Sets Standared, For Stress Relieving. Plotted From H.C&P Vol. 40 No 8, Aug. 1961.

Fig. 411. WHEN TO STRESS RELIEVE PRESSURE VESSLE

15) MINIMUM TUBE WALL THICKNESS FOR FURNACES SUBJECT TO CREEP

Fig. 413 and Fig. 414 represent the creep strength, F, expressed in pounds per square inch, for 1% elongation in 3,000 hours as a function of metal type and temperature.

Minimum tube wall thickness for a given temperature, pressure, and tube size is a function of the creep strength of the material, and may be expressed by the Barlow formula as follows:

$$t = \frac{(P)\ (O.D.)}{2F}$$

t = tube wall thickness inches.

p = pressure of fluid flowing inside tube, pounds per square inch.

F = creep strength of metal at given temperature, pounds per square inch.

O.D. = External diameter of tube, inches.

Fig. 415 is a plot of $\frac{P}{2F}$, or "C", as a function of creep strength and pressure. By reading the creep strength, F, of a material at a given temperature in Fig. 413, the value of $\frac{P}{2F}$, or "C", is obtained from Fig. 415. By multiplying "C" by the outside diameter of the tube, the minimum tube wall thickness for the given pressure and temperature is obtained. Values of "C" less than .02 are not given since the limit of tube wall thickness, regardless of creep strength, has been set at 0.125 inches.

Example: Tube material —carbon— 0.5 molybdenum

Tube size — 4" O.D.

Temperature of metal — 1000°F.

What is the minimum tube wall thickness for this tube if the operating pressure is 1000 pounds per square inch?

Fig. 413: Read up the 1000°F. abscissa to the C-0.5 Mo. curve, and obtain a value of 12 at the left hand ordinate. The creep strength is 12,000 pounds per square inch.

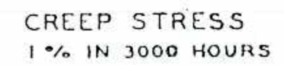
Fig. 415: At the intersection of the abscissa 12 and the 1000 pound curve, read the value 0.042 on the ordinate "C". For a 4" O.D. tube, the minimum tube wall thickness equals 4 times .042 equals 0.168 inches.

For metal temperatures below 900°F., use the values for 900°F.

The following table gives the approximate relationship between the oil and metal temperatures:

Type of Heater	Oil Temperature °F.	Metal Temperature °F.
Heavy Oil	825	900
	900	1000
	935	1100
	950	1150
Light Oil	850	900
	925	1000
	1000	1150
	1025	1170
	975	1100
	1050	1200
Reforming	800	900
	825	925
	850	950
	875	1000
	900	1005
	925	1050

Fig. 412


CREEP STRESS
1 % IN 3000 HOURS

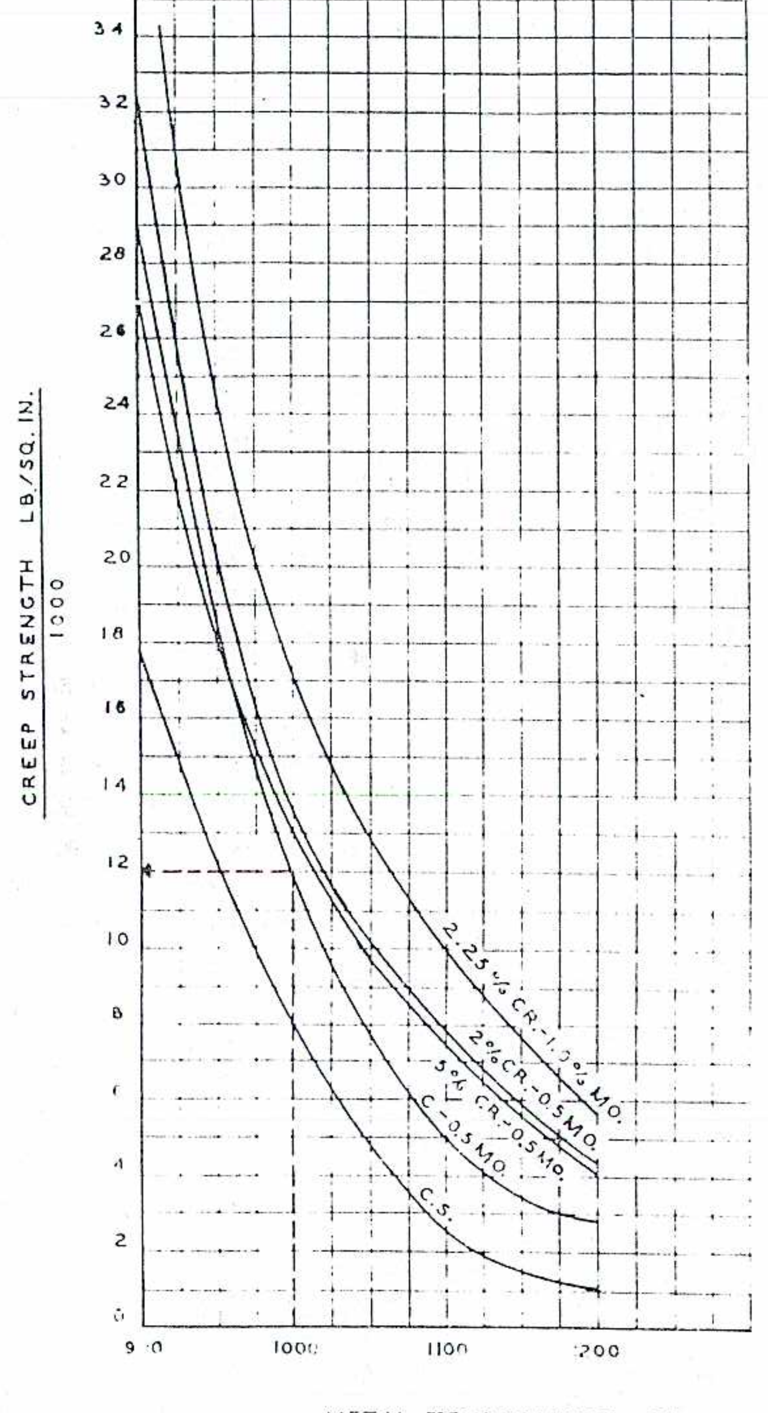
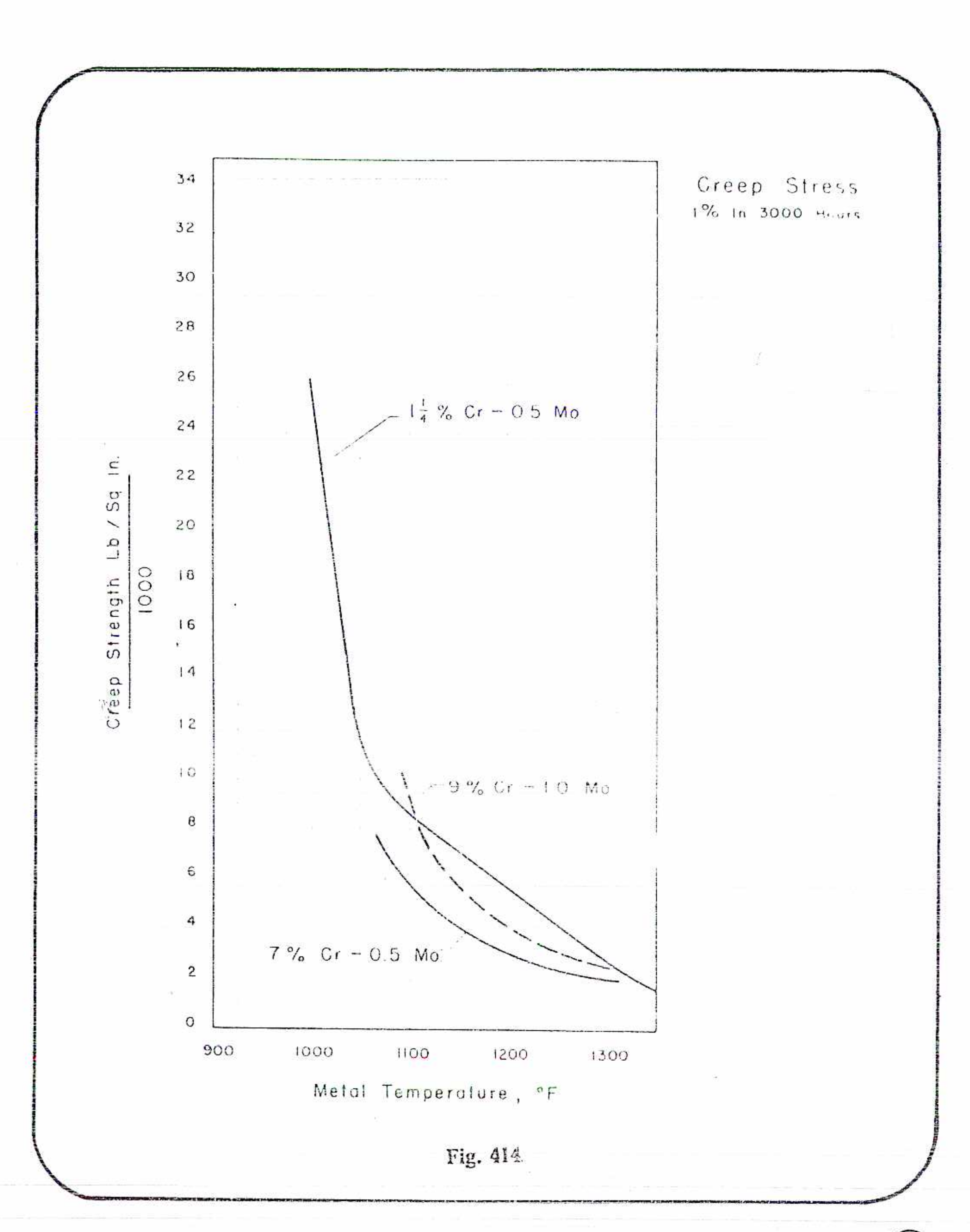
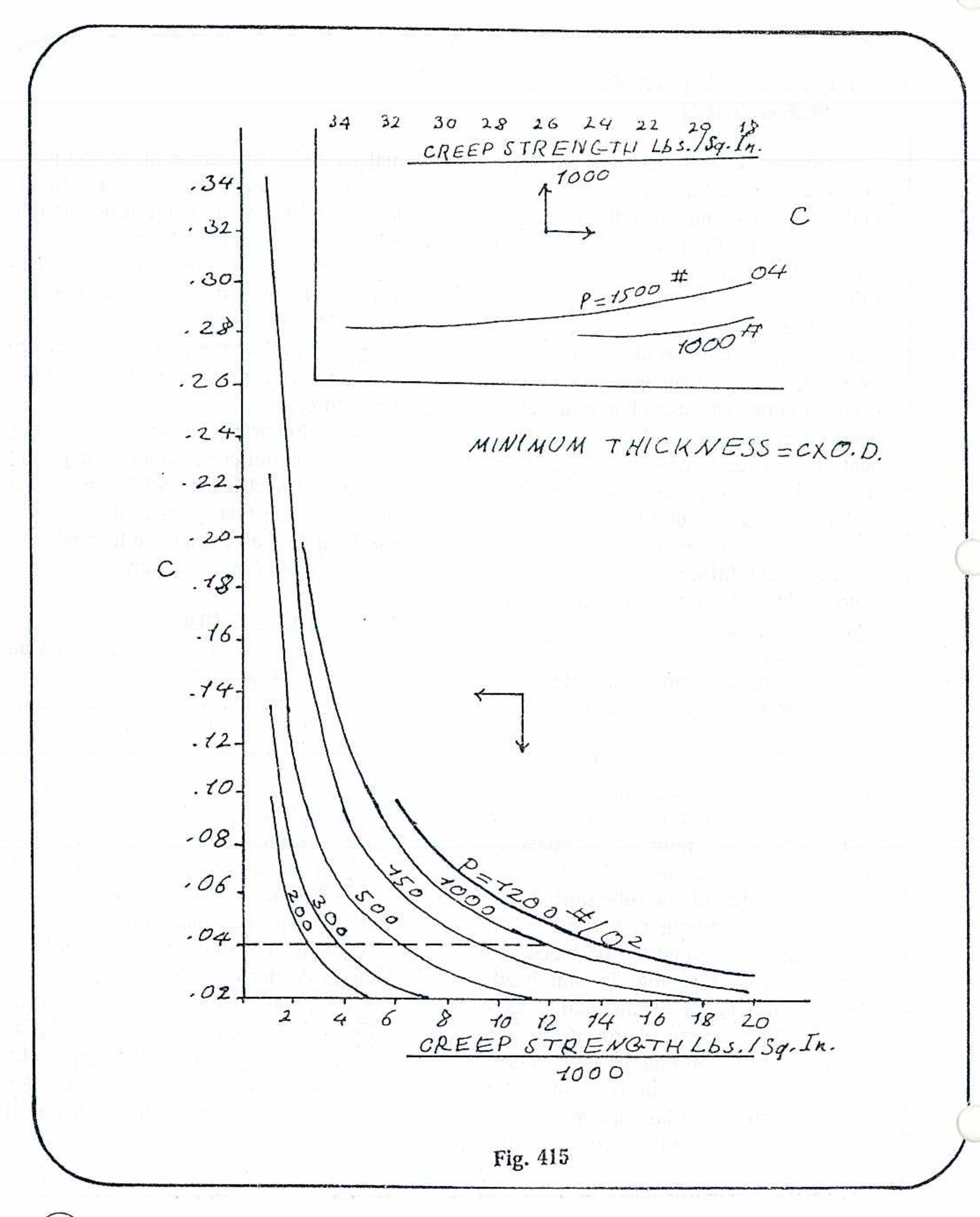

34
32
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
CREEP STRESS LB./SQ. IN. / 1000
2.25 % CR.-1.0 % MO.
2 % CR.-0.5 MO.
5 % CR.-0.5 MO.
C.-0.5 MO.
C.S.
1000
1100
METAL TEMPERATURE, °F

Fig. 413



Creep Stress
1% In 3000 Hours
Creep Strength Lb / Sq In. / 1000
34
32
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
1 1/4 % Cr - 0.5 Mo
9 % Cr - 1.0 Mo
7 % Cr - 0.5 Mo
900
1000
1100
1200
1300
Metal Temperature , °F

Fig. 414



34 32 30 28 26 24 22 20 18
CREEP STRENGTH Lbs./Sq.In.
1000
C
P=1500 #
.04
1000 #
MINIMUM THICKNESS=CXO.D.
.34
.32
.30
.28
.26
.24
.22
.20
C
.18
.16
.14
.12
.10
.08
.06
.04
.02
P=1200 #/O²
1000
750
500
300
200
2 4 6 8 10 12 14 16 18 20
CREEP STRENGTH Lbs./Sq.In.
1000

Fig. 415

16) TUBE ROLLING PROCEDURE PREPARATION

The ends of all tubes to be carefully checked for a distance of between four and six inches, and all mill scale, rust, grease or other foreign matter removed from both inside and outside of the tubes.

This operation may be quickly and easily effected by grinding or wire-brushing with a small electric or air driven motor. The use of a ring gauge helps to check that all burrs and high spots have been removed. Mill scale on the outside of the tube will crumble under the pressure of the tube rolling operation causing damage to the tube bearing of the fitting and prevent a pressure tight roll. Loosened scale on the inside of the tube will crowd into the working parts of the expander and cause flanking of the rolls and mandrel as well as possible breakage of the tool.

Before expanding, tubes should be locked in place by means of wooden wedges driven between tubes and tube sheets or any other mechanical means to ensure and maintain the specified tube inspection and to prevent displacement or rotation of the tube during rolling. No spot welding is permitted; all such temporary supports or blocks to be removed after rolling is completed. The tube bore of the fitting shall be thoroughly cleaned with kerosene or gas oil to remove all oil and grease or other protective coating. All rust, nicks or foreign matter must be removed. Oil or grease in serration will cause coke formation under the temperature and pressure of the operation causing joint to loosen and re-rolling will not be possible without re-machining the seat.

In the case of minor differences in lengths of tubes, determine the position of the fittings based on the shortest tube length and allow the longer tube to protect somewhat past the inner end of the tube bore.

It is important to start on either the inlet or outlet terminal fitting and proceed in accordance with the line of flow until the final joint is made; it is essential that all fittings be located exactly as called for on the flow diagram.

TUBE ROLLING GUIDE:

1— The I/D of the tubes should be caliperad before rolling.

2 — The chart below shows correct enlargement of I/D of tube to accomplish a tight rolled joint. Where new fittings are used the "Standard Tube Bore" will apply. The chart is also a guide to the correct enlargement of I/D for oversize tube hole bores, since fittings sometimes expand in the tube hole section after repeated rolling.

3 — As a precaution to prevent joint failures do not over-roll.

Over-rolling may cause splitting of tube ends and flanking of the metal plus over-stressing the fitting around the tube hole section all of which makes for a faulty connection which may fail in service.

TUBE HOLE SIZE	CORRECT ENLARGEMENT OF TUBE I/D IN 1/64"						
	1/8" WALL	1/4" WALL	3/8 WALL	1/2" WALL	5/8" WALL	3/4" WALL	7/8" WALL
STD. TUBE BORE	7-8	8-9	9-10	11-12	13-14	15-16	16-17
1/64" OVERSIZE	8-9	9-10	10-11	12-13	14-15	16-17	17-18
1/32" ——	9-10	10-11	11-12	13-14	15-16	17-18	18-19
3/64" ——"——	10-11	11-12	12-13	14-15	16-17	18-19	19-20
1/16" ——"——	11-12	12-13	13-14	15-16	17-18	19-20	20-21
5/64" ——"——	12-13	13-14	4-15	16-17	18-19	20-21	21-22
3/32 ——"——	13-14	14-15	15-16	17-18	19-20	21-22	22-23
1/8" ——"——	REMOVE FITTING FROM SERVICE						

Fig. 416

NOTE:—

"STD. Tube Bors" equals a minimum of nominal tube O/D+0.030" after each rolling operation the tube should be calipered to ensure sufficient expansion. If found that any joints are insufficiently expanded additional rolling must be meet reqd. dimensions.

17. RETIREMENT OF OIL PIPING, FURNACE TUBES, CROSSOVER LINES AND TUBE HEADINGS

The inspection department may recommend the retirement of piping, furnace tubes, crossovers, or fittings by reason of excessive thinning of the metal, cracking, bulging, sagging or mechanical damage.

However, no tube, fitting or piping is to be retired without the approval of the process superintendent in charge of the unit.

Furnace tubes, inside the fire box, and crossovers or connections outside the fire box, are retired on a different basis. Crossovers or connections outside the furnace present the same degree of hazard in the event of rupture as any other hot oil piping. Therefore, crossover lines and connections outside a furnace are retired on the same basis as oil piping. Furnaces tubes, being inside the fur-

nace, would in the case of failure normally cause loss damage than a failure outside a furnace. For this reason a lower factor of safety (higher allowable stress) can be used in calculating retiring thickness for a furnace tube.

Allowable Stresses

Allowable stresses for oil piping and crossovers are those given in the A.S.A. Code for Pressure Piping. These are the same as the allowable stresses given in the Unfired Pressure Vessel Code, with a few differences at temperatures below 650°F.

The application of these very conservative stresses to furnace tubes operating at high temperatures would result in very high wall thicknesses. For example a reforming coil, 4" O.D., 5% chrome, $\frac{1}{2}$% moly tubes, metal temperature 1150°F, the allowable stress given in the A.S.A. Piping Code is only 2200 PSI. The calculated minimum wall thickness in such a case would be 0.68 inches.

For tubes inside a furnace, and under frequent observation by the furnace firemen, such a high factor of safety is not necessary. Therefore Fig. 420 is used to find allowable operating stresses for furnace tubes. This table shown 25% of ultimate (rupture) strength, or stress to cause 1% creep in 10,000 hours (one year is 9000 hours), whichever is lower. While not so conservative as the piping code stresses in the high temperature range, this table provides ample margin for safety. At least one large company uses the stress to cause 1% creep in only 3000 hours as the basis for furnace tube retirement.

Pressure

There are two possible situation which must be considered in calculating retiring thickness.

First, calculate on the basis of the normal operating pressure, using the allowable stress for the metal temperature at the normal operating conditions.

Second for a short time both pressure and temperature could go above normal, from instrument failure or misoperation. The extreme situation possible on a furnace coil for example, would be to block in the coil and then heat it. There is no way to determine what pressure or temperature would exist, and hence no way to calculate the metal thickness to withstand the conditions.

However, in almost all cases the maximum possible pressure is limited by either a relief valve or by the maximum discharge pressure of a pump feeding the system. By assuming that the temperature remains at normal operating condition, it is possible to calculate thickness to withstand such a temporary abnormal high pressure.

Now, these abnormal high pressures will not exist for long, as the operator will soon find it and correct it. So, in theory at least, at high temperatures, in the creep range, the calculation should be based on one-fourth of short-time rupture strength. The creep stresses given in the piping code, and in Fig. 420 would not apply, becuase the abnormal high pressure will not continue long enough to cause creep.

The piping code makes no provision for this, however. So for piping or cross-

overs outside a furnace, there is no choice but to use the allowable stresses shown in the code, even though at high temperatures these stresses are lower than need be for a short-time condition.

On furnace tubes, however, the retiring thickness is calculated two ways. Once, for normal operating pressure with the stresses of Fig. 420 and once for maximum possible pressure (as limited by relief valve or pump discharge) with the stresses of Fig. 421. The higher thickness is chosen.

Uncertainty

Some provision must be made for uncertainty in measurement, localized or eccentric corrosion, or stresses caused by piping strain. These uncertainties are relatively less important in a thick walled tube or pipe as the uncertainty or the unknown stress would in most cases be a small percentage of total thickness or total stress. But in a very thin wall tube or pipe the uncertainty in measurement or the unknown stresses caused by piping strain may be relatively large as compared to the total thickness or total stress.

To provide for unknown stresses or uncertainties in measurement, arbitrary minimum wall thicknesses are established. A tube or pipe is retired before it reaches this arbitrary minimum, even though the calculated required thickness may be such lower.

For threaded joints, not covered by seal welding, a further allowance must be made for the metal thickness lost in cutting threads.

These arbitrary minimum thicknesses are shown in Table II.

Furnace Tube Headers (Plug Type)

For that portion of tube rolled inside the header, exact calculation of retiring thickness is not practical.

In practice, the same wall thickness as calculated for that portion of the tube not supported by the header is used.

For the header itself there are so many stresses from forces other than the pressure that exact calculation is not practical. The recommendations of the manufacturer should be followed. In any case, regardless of temperature, pressure, or material, the following arbitrary minimum wall thickness are recommended for furnace tube headers.

Tube O.D.	Minimum Header Wall Thick.
Up to $3\frac{1}{2}$"	0.20"
4"	0.25"
$4\frac{1}{2}$"	0.30"
5" and above	0.35"

Metal Temperature

In order to select the allowable stress, the metal temperature can be assumed equal to that of the fluid inside, for piping or crossovers which are not inside a furnace.

For tubes inside a furnace, the metal will be hotter than the fluid, by an amount which varies with the rate of heat input and the amount of coke inside the tube.

The following relation between fluid temperature and metal temperature can be used, if it is certain coking is the normal expected amount. In the case of very heavy coking, metal temperature may be much higher than shown here.

Temperature of Furnace Tube Wall.

Fluid Temperature Inside Tube °F	Metal Temperature Heavy Oil °F	Metal Temperature Light Oil °F
800	900	900
825	925	925
850	970	950
875	1020	980
900	1065	1010
925	1110	1040
950	1160	1070
975		1100
1000		1135
1025		1165
1050		1200

Reference: G. Armistead "Safety in Petroleum Refining".

Fig. 417.

Cracks, Bulges, Sagging or Mechanical Damage

A furnace tube in which the metal has cracked should be retired, or repaired. Do not confuse cracks in oxide scale with cracks in metal.

Bulges, sags or damage must be given individual consideration to determine whether replacement is warranted.

CALCULATIONS

Before calculating determine necessary operating temperature and pressure, and maximum possible pressure. Check these figures with process superintendent.

PIPING

1— Calculate minimum thickness (PD/2S) using maximum possible pressure, (as limited by relief valve or pump discharge pressure) with allowable stress at notmal operating temperature, from ASA code for pressure piping.

2— Check arbitrary minimum from Fig. 417.

3— Choose whichever is larger of (1) or (2).

4— Add corrosion allowance to find required thickness at beginning of a run.

FURNACE TUBES

Calculating minimum thickness (PD/2S) using:—

1— Normal operating pressure with stress from Fig. 420.

2— Maximum possible pressure with stress from table 421.

3— Check arbitrary minimum from Fig. 417.

4— Choose larger of (1), (2) or (3).

5— Convert to terms of tube inside diameter for convenient use in field.

6— Add corrosion allowance in terms of tube I.D.

Required thickness is calculated using the formula

$$t = \frac{PD}{2S} + C$$

Where: T is the total thickness required to permit safe opera-

tion to the end of next run.

P Is the pressure inside, pounds per square inch gage.

D Is outside diameter, inches.

S Is the allowable stress for the material at its operating temperature.

C Is corrosion allowance. C equale the metal loss expected during the run.

$\frac{PD}{2S}$ is the minimum thickness to withstand internal pressure.

Note: If the thickness $\frac{PD}{2S}$ as calculated is less than the arbitrary minimum thickness shown in Fig. 418, use the arbitrary minimum in place of PD/2S.

CALCULATION FOR PIPING OR CROSSOVERS

Example:—Visbreaker transfer line.

O.D. — 6-5/8", seamless pipe.

Material — 4-6% chrome ½% moly.

T°F, flud — 850 °F.

T°F Metal — Same, 850 °F.

Normal Operating Pressure — 240 PSIG

Maximum Possible Pressure — 550 PSIG

Limited by 550 PSIG relief at inlet to viabreaking coil, can happen if block valve at inlet to reaction chamber is closed.

CALCULATION

NORMAL OPERATING CONDITION

S allowable (piping code) = 12,400 PSI

$$\frac{PD}{2S} = \frac{249 \times 6.625"}{2 \times 12,400} = 0.064 \text{ inches (1)}$$

MAXIMUM POSSIBLE PRESSURE, SHORT-TIME

S Allowable = piping code = 12,400 PSI.

$$\frac{PD}{2S} = \frac{550 \times 6.625"}{2 \times 12,400} = 0.147 \text{ inches.}$$

ARBITRARY MINIMUM

For six inch pipe, table plain end pipe 0.15 inches.

Of the three, the arbitrary minimum is the largest. Therefore, required thickness is 0.15 inches plus estimated corrosion for the run. Supposing the run is to be one year, and 0.02 loss is expected per year, the pipe would be retired if pipe is thinner than

t = 0.15" + 0.02" = 0.17" wall.

CALCULATION FOR FURNACE TUBE

Example tubes 147-177, soaker tubes in visbreaker coil.

Service — Heavy oil cracking.

O.D. — 5"

Material — 9% chrome 1% moly.

T°F Fluid — 890°F (estimated by process, dept.).

T°F Metal — 1050°F (Estimated from Fig 417).

p normal operating — 250 PSIG (est. by process dept.).

P maximum possible — 550 PSIG (Limited by relief valve).

CALCULATION

NORMAL OPERATING CONDITIONS

S Allowable Fig. 418 = 8.500 at 1050°F

$$\frac{P\,D}{2\,S} = \frac{250 \times 5''}{2 \times 8{,}500} = 0.074 \text{ inches.}$$

MAXIMUM POSSIBLE PRESSURE, SHORT TIME

S Allowable=11000 PSI from Fig. 421

$$\frac{P\,D}{2\,S} = \frac{550 \times 5''}{2 \times 11000} = 0.125 \text{ inches.}$$

ARBITRARY MINIMUM

For 5" tube from **Fig. 418** = 0.13 inches.

Of these three, the arbitrary minimum is the largest. Therefore required thickness at the start of a run is 0.13 inches plus estimated corrosion. To get the tube I.D. and roll I.D. at which the tube will be retired, proceed as follows:

Tube I.D. = 5"

——— 2 X 0.13 = 4.74 inches.

4.74" = 4

——— 47/64

The manufacturing tolerance on O.D. of tubes is less than 2/64 undersize. Unless the tube O.D. is more than 2/64 undersize due to external corrosion, variation in O.D. can be ignored.

Therefore —

The required I.D. at beginning of run = 4 —— 47/64 minimum corrosion allowance.

If you expect 6/64 increse in I.D. (3/64 per wall) during the run, the tube must replaced, if it is more than 4-47/64 minimums 6/64 = 4-41/64 I.D.

In the header roll, the tube O.D. is alightly larger than the rest of the tube, as the tube is expended to header I.D. the manufactures tolerance on header I.D. is 2/64 to 3/64 larger than the tube nominal size. Rolling may swell the header another 1/64. To get the retiring thickness in the tube roll, then, add 4/64 to the figure calculated in the tube.

4-47/64 plus 4 = 4-51/64 I.D. in roll.

We may find more corrosion, usually in the roll than in the tube. Say 8/64 in this example. That tube must be replaced if it is larger than 4-51/64 minimums 8/64 = 4-43/64 in the roll at beginning of run

ARBITRARY MINIMUM WALL THICKNESS

Nominal Pipe Size	Pipe Minimum Wall	
	Plain	Thrended
1½	0.09"	0.12"
2	0.10"	0.13"
2½	0.10"	0.15"
3	0.10"	0.15"
4	0.12"	0.17"
5	0.14"	0.19"
6	0.15"	0.20"
8	0.16"	0.21"

Fig. 418

If threads are covered by seal welding, use valve for plain and pipe.

HEATER TUBES

Actual O.D. inches	Tube Minimum Wall
4.5 or less	0.12
5	0.13
6	0.14
6.625	0.15
8	0.16
8.625	0.17

Fig. 419.

Allowable Operating Stresses in Furnace tubes, founds for square inch, based on 1% creep in 10,000 hours or 25% of ultimate strength, whichever is lower.

— do not use this table for piping —

Metal Temp. °F	Carbon Steel	5 CR. ½ Mo.	9 CR. 1 Mo.
0-600	15,000	15,000	15,000
650	15,000	14,700	15,000
700	15,000	14,400	15,000
750	13,700	13,900	15,000
800	12,000	13,500	14,500
850	10,300	13,100	14,000
900	8,800	12,600	13,400
950	5,800	11,800	12,700
1000	3,500	9,300	11,900
1050	—	7,800	8,500
1100	—	5,800	6,000
1150	—	4,000	4,100
1200	—	2,600	2,700

Fig. 420

Figures below double line are creep stresses.

Figures above double line are 25% of ultimate strength.

Allowable short-time stresses in Furnace tubes, founds for square inch, these stresses are 25% of the ultimate strength.

— do not use this table for piping —

Metal Temp. °F	Carbon Steel A-161	5% Cr. ½% Mo. A-200-Gr. 8	9% Cr. 1% Mo. A-200-Gr. 9
0-600	15,000	15,000	15,000
650	15,000	14,700	15,000
700	15,000	14,400	15,000
750	13,700	13,900	15,000
800	12,000	13,500	14,500
850	10,300	13,100	14,000
900	8,800	12,600	13,400
950	7,400	11,800	12,700
1000	6,900	11,000	11,900
1050		9,600	11,000
1100		8,400	9,700
1150		7,300	8,300
1200		6,200	6,700

Fig. 421

These stresses are to be used only with the maximum pressure which could be attained by blooking coil outlet, to check for possibility of rupture under such a condition.

PROPERTIES OF MATERIALS
CARBON & LOW ALLOY STEEL *

Form	Nominal Composition	Specification Number	Specification Grade	APPLICATION
Plate		SA-283	C	Structural quality. For pressure vessel may be used with limitations see note: I
		SA-285	C	Boilers for stationary service and other pressure vessels
	C - Si	SA-515	55	Primarily for intermediate and high temperature service
	C - Si	SA-515	60	– " –
	C - Si	SA-515	65	– " –
	C - Si	SA-515	70	– " –
	C - Si	SA-516	55	For moderate and lower temperature service
	C - Si	SA-516	60	– " –
	C - Si	SA-516	65	– " –
	C - Si	SA-516	70	– " –
Flange and Fitting		SA-105		For high temperature service
		SA-181	I	For general service
		SA-350	LF1 LF2	For low temperature service
Pipe		SA-53	B	For general service
		SA-106	B	For high temperature service
Bolting	1Cr-1/5 Mo.	SA-193	B7	For high temperature service Bolt 2½ in. diam. or less
		SA-194	2H	For high temperature service nut
		SA-307	B	Machine bolt for general use

* Data of the most frequently used materials from ASME Code Section II and VIII.

Fig. 422A

PROPERTIES OF MATERIAL (cont.)

form	Specification		P Number	Tensile Strength 1.000 psi.	Yield Point 1.000 psi.		See Notes
	Number	Grade					
PLATE	SA-283	C	1	55.0	30.0		1
	SA-285	C	1	55.0	30.0		2
	SA-515	55	1	55.0	30.0		3
	SA-515	60	1	60.0	32.0		3
	SA-515	65	1	65.0	35.0		3
	SA-515	70	1	70.0	38.0		3
	SA-516	55	1	55.0	30.0		3
	SA-516	60	1	60.0	32.0		3
	SA-516	65	1	65.0	35.0		3
	SA-516	70	1	70.0	38.0		3
AND FITTING	SA-105		1	70.0	36.0		2,3
	SA-181	I	1	60.0	30.0		2.3
	SA-350	LF1 LF2	1	60.0 70.0	30.0 36.0		
PIPE	SA-53	B	1	60.0	35.0		2.3.4
	SA-106	B	1	60.0	35.0		3
BOLTING	SA-193	B7		125.0	105.0	DIAM. ≤ 2½"	
	SA-194	2H		55.0			
	SA-307	B		55.0			5

Fig. 422B

PROPERTIES OF MATERIAL (cont.)

NOTES:

1. SA-283 C PLATE may be used for pressure parts in pressure vessels provided all of the following requirements are met:

   (1) The vessels are not used to contain lethal substances, either liquid or gaseous;

   (2) The material is not used in the construction of unfired steam boilers (see Par. U-1 (e));

   (3) The design temperature at which the material is used is between −20F and 650F;

   (4) The thickness of plates on which strength welding is applied does not exceed 5/8 in.;

   (5) The steel is manufactured by the electric furnace or open hearth process or by the basic furnace or open hearth process or by the basic oxygen process provided this process is permitted in the material specification. (Code UCS-6 (b).

2. For service temperatures above 850F it is recommended that killed steels containing not less than 0.10% residual silicon be used. Killed steels which have been deoxidized with large amounts of aluminum and rimmed steels may have creep and stress-rupture properties in the temperature range above 850F, which are somewhat less than those on which the values in the above table are based.

3. Upon prolonged exposure to temperatures above about 800F, the carbide phase of carbon steel may be converted to graphite.

4. Only killed steel shall be used above 850F.

5. Not permitted above 450F; allowable stress value 7000 psi.

*MODULUS OF ELASTICITY OF CARBON STEEL MILLION PSI. AT TEMPERATURE,F

70	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
29.0	28.7	28.2	27.6	26.8	25.9	24.5	23.0	21.0	18.1

*From Transactions of ASME Feb. 1965.

Fig. 422C

PROPERTIES OF MATERIALS CARBON & LOW ALLOY STEEL
Maximum Allowable Stress Values in Tension 1000 psi.

SPECIFICATION		For Metal Temperature Not Exceeding Deg. F.*										
Number	Grade	-20 to 650	700	750	800	850	900	950	1050	1100	1150	1200
SA-283	C	12.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SA-285	C	13.7	13.2	12.0	10.2	8.3	6.5	-	-	-	-	-
SA-515	55	13.7	13.2	12.0	10.2	8.3	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-515	60	15.0	14.3	12.9	10.8	8.6	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-515	65	16.2	15.5	13.8	11.4	8.9	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-515	70	17.5	16.6	14.7	12.0	9.2	6.5	4.2	2.5	-	-	-
SA-516	55	13.7	13.2	12.0	10.2	8.3	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-516	60	15.0	14.3	12.9	10.8	8.6	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-516	65	16.2	15.5	13.8	11.4	8.9	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-516	70	17.5	16.6	14.7	12.0	9.2	6.5	4.2	2.5	-	-	-
SA-105		17.5	16.6	14.7	12.0	9.2	6.5	4.2	2.5	-	-	-
SA-181	I	15.0	14.3	12.9	10.8	8.6	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-350	LF1 LF2	15.0 17.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SA-53	B	15.0	14.3	12.9	10.8	8.6	6.5	-	-	-	-	-
SA-106	B	15.0	14.3	12.9	10.8	8.6	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-193	B7 ≦ 2½"	25.0	25.0	23.6	21.0	17.0	12.5	8.5	4.5	-	-	-
SA-194	2H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SA-307	B	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* The Stress Values in this table may be interpolated to determine values for intermediate temperatures.

Fig. 423

19. ALLOWANCE OPERATING STRESSES IN HEATER TUBES IN PSI

Metal Temp. °F	Carbon Steel Si. Killed	2½% Chrome ½% Moly	5% Chrome ½% Moly	9% Chrome 1% Moly	18% Chrome 8% Nickel
650	10,000	10,000	9,460	10,000	14,470
700	9,665	10,000	9,050	10,000	14,300
750	9,080	10,000	8,620	10,000	14,050
800	8,330	9,800	8,070	10,000	13,800
850	7,500	9,435	7,500	10,000	13,400
900	6,670	8,965	6,950	9,750	12,950
950	5,830	8,385	6,400	9,140	12,300
1000	5,000	7,750	5,840	8,220	11,650
1050	—	7,085	5,290	7,230	11,000
1100	—	6,365	4,720	6,230	10,300
1150	—	5,600	4,170	5,240	9,350
1200	—	4,765	3,620	4,370	7,000

Fig. 424

20. ESTIMATED METAL TEMPERATURE IN HEATER TUBES

Oil Temp. °F	Metal Temperature Heavy Oil Moderate Coking (1/16"-3/16") °F	Metal Temperature Little Coking 1/16" Light Oil °F
Up To 600	700	700
700	800	800
850	970	950
900	1060	1010
950	1180	1070
1000	—	1135

Fig. 425

21. PRESSURE CALCULATION — COLUMNS

SHELL

1).. Maximum permissible working pressure (MPWP)

$$= \frac{S \times E \times t}{R - 0.4t} = P \text{ ..... in PSI ......}$$

Where S = Maximum allowable stress value at design temperature, in PSI.

E = Joint efficiency.

R = Radius — outside — in inches.

T = Present thickness, in inches.

Longitudinal Stress (SL) =

$$\frac{P (R - 0.4t)}{2 \times E \times t} \text{ .... in PSI.}$$

HEADS

2).. MPWP (in PSI) for ellipsoidal heads

$$= \frac{2 \times S \times E \times t}{K \times D + 0.2\, t}$$

Where: K = Factor depending on head proportion d/2h

D = Inside diameter of the head skirt (inches)

h = One half of the length of the minor axis or the inside depth of the ellipsoidal head (inches).

MPWP (in PSI) for torispherical heads

$$= \frac{2 \times S \times E \times t}{L \times M + 0.2\, t}$$

Where L = Inside spherical or crown radius (inches).

M = Factor depending on the head proportion L/R.

R = Inside knuckle radius (inches).

See tables below for M and K:—

Table 1: Values of Factor K (Use nearest values of D/2H; Interpolation unnecessary)

D/2h	K
3.0	1.83
2.9	1.73
2.8	1.64
2.7	1.55
2.6	1.46
2.5	1.37
2.4	1.29
2.3	1.21
2.2	1.14
2.1	1.07
2.0	1.00
1.9	0.93
1.8	0.87
1.7	0.81
1.6	0.76
1.5	0.71
1.4	0.66
1.3	0.61
1.2	0.57
1.1	0.53
1.0	0.50

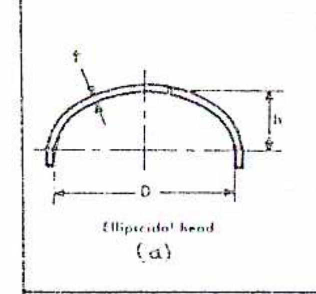
Fig. 426.

Table 2: Values of factor M
(Use nearest values of L/R;
Interpolation unnecessary)

$\frac{L}{R}$	M
1.00	1.00
1.25	1.03
1.50	1.06
1.75	1.08
2.00	1.10
2.25	1.13
2.50	1.15
2.75	1.17
3.00	1.18
3.25	1.20
3.50	1.22
4.00	1.25
4.50	1.28
5.00	1.31
5.50	1.34
6.00	1.36
6.50	1.39
7.00	1.41
7.50	1.44
8.00	1.46
8.50	1.48
9.00	1.50
9.50	1.52
10.00	1.54
10.50	1.56
11.00	1.58
11.50	1.60
12.00	1.62
13.00	1.65
14.00	1.69
15.00	1.72
16.00	1.75
16 2/3	1.77

Fig. 427.

(a) Ellipsoidal



(b) Spherically Dished (Torispherical)

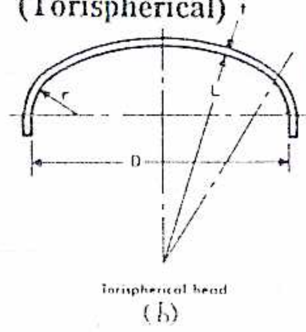


Fig. 428

Wind Loading

Wind Load (W) = P X D X H in LBS.

where p = 20 for heights upto 29 ft.
= 25 for heights (30) to (49) ft.
= 30 for heights (50) to (99) ft.
= 40 for heights (100) to (499) ft.

H = Height above corroded section in ft.

P = Wind pressure in Lbs/sq. ft.

D = Column diameter in ft.

Bending moment (B) = 0.0027 X W X H X SF

Where SF = Average shape factor = 0.75

Moment of resistance Z (when Outside dia (DO) / T $<$ 100)

$= \pi \times r^2 \times t.$

Moment of resistance Z (when $\frac{DO}{T} > 100$)

$$= \frac{100 \times t^2 \times r^2 \times \pi}{DO}$$

Bending stress due to wind load (SW)

$$= \frac{B}{Z} \times 2240 \text{ ...... LB. F/in}^2.$$

Available stress to resist wind load (SA)

$$= S - SL \text{ .... LB.F./in}^2.$$

If (SW) is less than SA, the maximum permissible working pressure in that given in formulae 1,2,3, whichever is the lesser.

If SW is greater than SA, substract SW from S to give SP.

= SP = Permissible longitudinal stress due to internal press lb.F./in².

MPWP (Combined pressure and wind load).

$$= \frac{2 \times SP \times E \times T}{R - 0.4T}$$

22. HEAT EXCHANGER CALCULATIONS:

SHELL

MPWP for circumferential stress

$$= P = \frac{S \times E \times t}{R - 0.4t}$$

Flange rating A.S.A. B16.5.

BONNET OR DISHED END

Torispherical HEAD

$$MPWP = P = \frac{2 \times S \times E \times t}{L \times M + 0.2t}$$

ELLIPSOIDAL HEAD

$$MPWP = \frac{2 \times S \times E \times t}{K \times D + 0.2t}$$

Flange rating ASA B16.5.

TUBE SIDE

CHANNEL

MPWP for circumferential stress

$$= \frac{S \times E \times t}{R - 0.4t}$$

Flange rating ASA B16.5.

COVER

Flat $P = \dfrac{S \times t^2}{0.3 \times D^2}$

Torispherical $P = \dfrac{2 \times S \times E \times t}{L \times M + 0.2t}$

Ellipsoidal $= P = \dfrac{2 \times S \times E \times t}{K \times D + 0.2t}$

TUBE SHEET

The following formulae apply when tube pitch is not less than 1.25 X tube diameter.

Tube sheet temperature (T) =

$$\frac{\text{inside (1)} + \text{inside (2)} + \text{outside (1)} + \text{outside (2)}}{4}$$

.... in degrees F

FLOATING HEAD TYPE

$$MPWP = S \quad \frac{2 \times T \quad 2}{F \times G}$$

Where F = 1.0

G = Mean gasket dia at stationary tube sheet.

U-TUBE TYPE

$$MPWP + S \quad \frac{2 \times T \quad 2}{F \times G}$$

Where F = 1.25

N.B. The MPWP of the shell may be limited by tube sheet thickness if

design pressure of shell side is greater than tube side pressure.

23. PRESSURE CALCULATION — VESSELS

SHELL

MPWP for circumferential stress!

$$P = \frac{S \times E \times t}{R - 0.4t}$$

HEADS

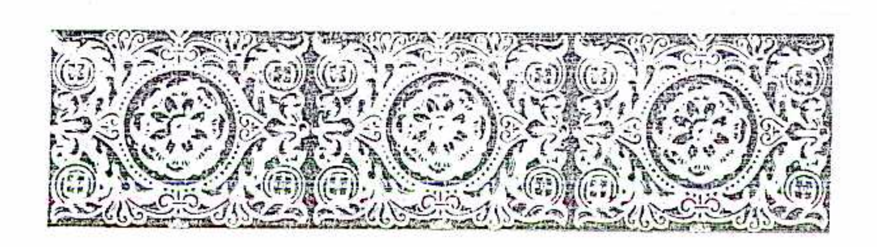
MPWP for ellipsoidal heads:

$$P = \frac{2 \times S \times E \times t}{K \times D + 0.2t}$$

MPWP for torispherical heads:

$$P = \frac{2 \times S \times E \times t}{L \times M + 0.2t}$$





ثالثاً: تأثير الهيدروجين على المعادن

اعداد المهندس بدري صالح جاسم

المقدمـة :ـــ

من الممكن مداولة الهايدروجـين بواسـطة الحديد الاعتيادي في درجات الحرارة الاعتيادية • الا انه في ظروف معينة قد يحصل انهيار كامـل للمعدن بتأثير الهايدروجين • ان طبيعة الانهيـار ميكانيكية ولو أن التاكل يلعب دورا بارزا فيها •

ويحصل الانهيار نتيجة تولد الهايدروجـين الذري من تفاعل كيمياوي • فمثلا ان وجود كميات قليلة من كبريتيد الهايدروجـين الرطـب يولـد الهايدروجين الذري على سطح الحديد كما فـي المعادلـة :ـــ

$$Fe + H_2S \longrightarrow FeS + 2H$$

ينفذ الهايدروجين الذري خلال مسامات المعدن حيث يتحد مع بعضه مكونا الهايدروجين الجزيئـي الذي لايتمكن من الخروج من المسامات وعلى مـرور الزمن تبقى كميات لابأس بها من الهايدروجـين الجزيئي محصورة داخل المعدن مولدة ضـغوط كبيرة كافية لتكسير المعدن وانهياره التام •

يكون تمزق المعدن موازيا للسطح • عندمـا يكون الهايدروجين الجزيئي المحصور قريـب مـن سطح المعدن تظهر بثور على السطح • عند فحص التمزق تحت المجهر نجد ان التشقق يحصـل خلال مجاميع البلورات • هذا بالنسبه لدرجات الحرارة الواطئة • اما التشققات في درجات الحرارة العالية فتكون على حدود مجاميع البلورات •

في درجات الحرارة العاليه يتفاعل الهايدروجين مع كاربيد الحديد مكونا غاز الميثان الذي جزئيتـه كبيرة ولايتمكن من الخروج من مسامات المعدن ، بذلك تتولد ضغوط عالية داخل المعدن تؤدي بالتالي الى تشـققه •

من الممكن منع اتحاد الهايدروجين مع الكاربيد بأضافة عنصر الكروم او التيتانيوم او الفنيديـوم وغيرها التي تثبت الكاربيد لذلك فان معظم سبائك الفولاذ المقاوم للصدأ تقاوم الهايدروجين في درجات الحرارة العالية لاحتوائها على عنصر الكروم •

انواع التلـف :ـــ

١ ـــ جهود داخل المعدن مع تقليل المرونة :ـــ

يكون هذا التلف وقتي اذا تمكن الهيدروجـين الـذري مـن مغـادرة المعـدن • أما أذا اتحد مكونا جزيئات الهايدروجين التي لاتتمكن من الخروج فتتولد جهود عالية داخل المعدن تقلـل من مرونته ويتشقق نتيجة ذلك •

٢ ـــ ظهور البثور :ـــ

عندما ينحصر الهايدروجين الجزيئي في مسامات المعدن تظهر اعراضه على شكل بثور عندما يكـون قريبا من السطح •

٣ ـــ التقليل من الكاربون والتشقق:

يتحد الهايدروجين النافذ مع كاربيد الحديد مكونا غاز الميثان • يحصل هذا التفاعل عندما يكون ضغط الهايدروجين الجزئي اعلى من (١٠٠) باوند / انج مربع في درجات حرارة تتراوح بين (٤٣٠)°ف الى (٦٧٥)°ف معتمدة على الضغط • يبدأ هـذا

التفاعل على السطح ويستمر داخل المعدن مسببا تقليل في تركيز الكاربون على السطح وتحته وتجمع غاز الميثاق داخل فراغات السبيكة . النتيجة النهائية تكون على شكل تشققات داخلية .

الظروف اللازمة لحصول التلف

تكون الرطوبة ملازمة للنوعين الاول والثاني المذكورين اعلاه . عندما يكون تولد الهايدروجين من تآكل الاوعية تتأثر عادة الاجزاء ذات المتانة العالية والمسلط عليها جهود كبيرة مثل مراوح ضاغطات الغاز او براغي وصامولات الرأس العائم في المبادلات الحرارية او الاجزاء الداخلية للصمامات أو نوابض صمامات الامان وغير ذلك ... التي يصيبها تقليل في المرونة وتصبح هشة . لقد دلت التجارب انه اذا كانت متانة الخضوع اقل من (٩٠٠٠٠) باوند / انج مربع وكان الجهد المسلط اقل من (٨٠) بالمائة من متانة الخضوع تقل ظاهرة التشقق . يجب ازالة الجهد في خطوط اللحام والمناطق المحيطة بها ، وان لاتتعدى الصلادة عن (٢٢) روكويل سي ، مع ازالة جميع العيوب كالخدوش السطحية والفراغات الكبيرة وغيرها .

اظهرت الاختبارات على انواع من الحديد مثل ASME-A302 اوASME-A212في ضغوط تشغيلية عاليه عدم تأثرها بالهايدروجين بالنسبة للعينات غير المثلومة unnotched specimens

أما العينات المثلومة فقد اصابها فقدان في المتانة بحدود (٥٩) بالمائة . هذا يدل على مدى اهمية الاعتناء والسيطرة على النوعية عند صنع الاوعية المعنية لازالة جميع الخدوش والعيوب ان استعمال الحديد الكاربوني ذو البلورات الدقيقة مثل الـواح A-516 لمداولة الهايدروجين الرطب غير مجدي وغير أقتصادي. وذلك لان هذا النوع الجيد من الحديد يتعرض لتقليل المرونة والتشققات بنفس الدرجة التي تتعرض لها انواع الحديد الاقل جودة.

طـرق العلاج

عندما يكون التآكل هو مصدر تولد الهايدروجين فيجب في هذه الحالة أزالة الهايدروجين الذري ، اما عن طريق منع حصول التآكل او بازالة المواد الكيمياوية التي تسمم سطح المعدن وتمنع اتحاد الهايدروجين الذري لتكوين الهايدروجين الجزيئي على السطح الذي لايستطيع دخول المعدن .

من الممكن ازالة التآكل بواسطة تغطية السطح بمواد مقاومة للتاكل او باستعمال سبائك جيدة . هذه الخطوة ضرورية عندما تفشل محاولات أزالة المواد الكيمياوية المسممة . فمثلا تبطن بعض الاوعية بالمواد البلاستيكية اذا كانت درجة الحموضة PH اعلى من (٧) . كذلك يستعمل التبطين بالحديد المقاوم للصدأ بانواعه المختلفة في حالات كثيرة وظروف متنوعة . ان طلاء بعض الاجزاء الصغيرة بالالمنيوم ، مثل نوابض صمامات الامان ، قد اثبتت مقاومتها للهايدرروجين .

ان السيانيدات وكبريتيد الهايدروجين تعتبر من اكثر المواد التي تسبب التسمم في الوحدات التشغيلية التي يتواجد فيها الهايدروجين الرطب . في هذه الوحدات التشغيلية تزال هذه المواد المسممة باضافة بولي كبريتيد الامونيوم والاوكسجين حيث تحولها الى بولي كبريتيدات وتيوسيانات على شرط

ان درجة الحموضة PH تبقى اعلى من (٧) •

لمنع تولد غاز الميثان في درجات الحرارة العاليـــة تضاف عناصر الكروم او المولبدنوم وغيرها التـــي لاتتفاعل كاربيداتها مع الهايدروجين الا في درجات الحرارة العالية جدا • لذلك يمكن استعمال انـــواع الحديد المقاوم للصدأ بصورة مرضية في جميـــع درجات الحرارة التشغيلية •

لتجنب حدوث تقليل الكاربون والتشـــققات بالنسبة للحديد الاعتيادي والسبائك يجب التشغيل ضمن الحدود المثبته في مخططات نلسون •

بعض الالواح المناسبة للاستعمال تتضـــمن A-204A, B & C و A-387 A,B,C,D,E, وسبائك مشابهة للانابيب والقطع المصبوبة اعتمادا على درجات الحرارة والضغط وحسب مامذكور في مخططات نلسون ان تلبيس الحديد او الســـبائك بالحديد المقاوم للصدأ يستعمل كثيرا في مقاومـــة التآكل في درجات الحرارة العالية • ولكن عمليـــة التلبيس قد تدخل عيوبا جديدة مثل تكون فراغـــات بين الجدار والتلبيس او تشقق مناطق التحام نتيجة درجات التمدد الحراري المختلفة • لذلـــك فان السيطرة على النوعية والاهتمام بعملية الصنع مـــن اللوازم الضرورية جدا •

اسئلة واجوبـــة

ســـؤال :ـــ

كيف يدخل الهايدروجين في الحديد؟

الجـــواب :ـــ

ان درجة ذوبان الهيدروجين في الحديد لابـــاس بها وتزداد بازدياد الحرارة • ينفذ الهايدروجـــين الذري خلال الحديد بسهولة • يتكون الهايدروجين الجزئي نتيجة اتحاد الهايدروجين الذري مع بعضه ويبقى محصورا في الفراغات وعلى فترة من الزمـــن يولد مايسمى بالبثور • يعتقد ان الهايدروجـــين الذري يتولد مرة اخرى داخل البثور نتيجة تفكك الجزيئة في ظروف معينة وبدرجة محدودة وينفـــذ خلال البثور الى خارج المعدن •

اذا كانت سرعة نفاذ الهايدروجين اعلى مـــن سرعة خروجه تتولد ضغوطا داخل المعدن تؤدي الى تشققه • ان الضغط اللازم لانهيار الحديد يعتمـــد على متانة الحديد وعلى مدى تساوي تركيبه وعلى صفاته الفيزياوية • ينشأ الهايدروجين الذري على اسطح المعدن من ايونات الهايدروجين في الماء ومن السطح ينفذ الهايدروجين خلال المعدن •

ســـؤال :ـــ

كيف نمنع هذه الظاهرة ؟

الجـــواب :ـــ

عندما يحصل التلف في اجهزة التصفية فـــأن الهايدروجين الذري يتولد من خلال التآكل • ومـــن الواضح ان منع حصول التآكل يؤدي الى منع تولد الهايدروجين وهناك طريقة اخرى هي تحسين نوعية السطح بحيث يقلل من قبوله لذرات الهايدروجين • تستعمل في بعض الاحيان السبائك الكروميـــة او تلبس الجدران بمثل هذه السبائك ، الا ان ايقـــاف مصدر الهايدروجين الذري هو العـــلاج الصحيح والعملـــي •

ســـؤال :ـــ

ماهي تأثيرات نفاذ الهايدروجين خـــلال الحديـــد ؟

الجــواب :ــ

ان الضغط العالي من الهايدروجين داخـــل الحديد قد يؤدي الى تكون البثور او التمــزق او تقليل المرونة ويحدث الانهيار عادة خلال اضــعف منطقة في الحديــد الملوث Dirty Steel قد تكون اضعف منطقة في فراغ Lamination او اوساخ متولدة اثناء الصنع • اما في الحديـــد النظيف فتكون اضعف منطقة في داخـــل بعض البلورات المتصدعة • أن سبب تقليل المرونة هونتيجة الاجهاد الناتج من ضغط الهايدروجين في الفراغات والمسامات ويكون هذا الضغط عادة كبير جدا واعلى من متانة الحديد •

سـؤال :ــ

ماهي العوامل التي تساعد على حصول هــذه الظــاهرة ؟

الجــواب :ــ

يحصل تلــف كبــير بوجــود كبريتيـــــد الهايدروجين في محاليــل المــاء الصافي وبوجــوده يحصل نفاذ للهايدروجين بدرجة قليلة غير ملموسة• بوجود الحوامض يحصل تلف سريع ومســتمر • ويكون التلف اكثر حجما أذا أجتمعت السيانيدات والامونيا •

سـؤال :ــ

ماهي الخطوات الواجب اتباعها لايقاف التلف بالهايدروجين ؟

الجــواب :ــ

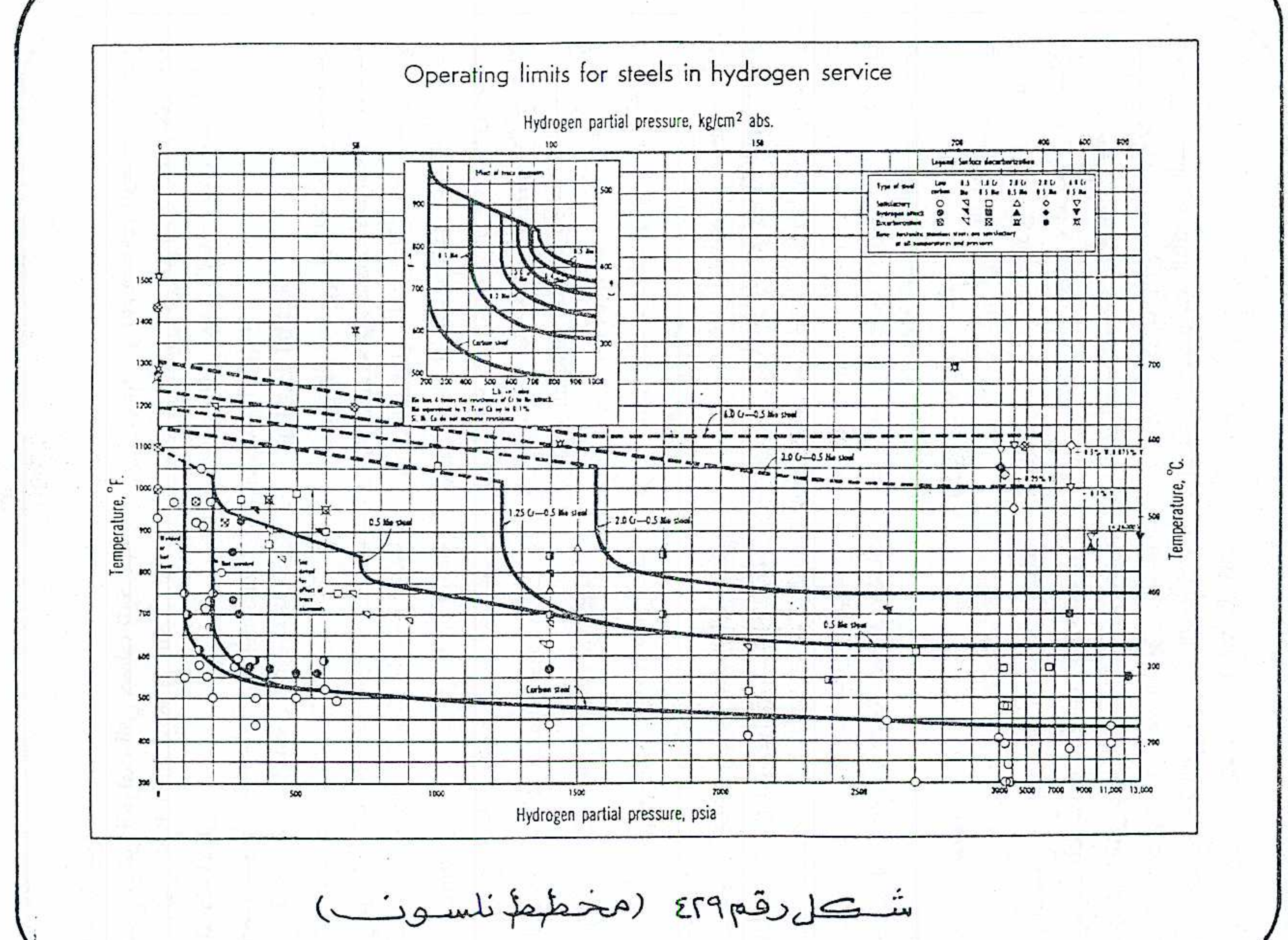
عند غياب السيانيدات من محاليل كبريتيـــد الهايدروجين الحامضية تضاف عادة الامونيا للتقليل من نفاذ الهايدروجين • الا ان هذه الطريقة غاليـة جدا • كما ان الغسل المكثف بالماء يقلل من الظاهرة ولكن اذا كان الماء قليلا فانه سيزيد من التلف •

اهمية خطوط اللحام في اجهـــزة مداولــة الهايدروجين في درجات الحرارة العالية

في بعض الاحيان يحدث اختلاف في مكونــات السبيكة في منطقة اللحام في الاجهزة الحاوية على الهايدروجين الحار ، وهذا الاختلاف قـد سبب حوادث خطرة ومكلفة ، سنستعرض قسم منها •

يجب دائما الحصول على تجانس في نســب مكونات السبيكة في جميع اجزاء الاجهزة الحاويــة على الهايدروجين الحار وخاصة في منطقة اللحام • الا أنــه قــد لوحظ نقص في بعض عناصر السبيكة في مناطق اللحــام ؛ وســـبب ذلك صـــعوبة السيطرة على عملية اللحام وعدم تحليل الســـبيكة بعد اللحام لمعرفة نسب المكونات بالضبط • عنـــد تصميم منظومة لمداولة الهايدروجين الحار يجـــب اولا اختيار السبيكة المناسبة التي تمنع تفاعـــل الهايدروجين مــع الكاربون • وقد أجريت بحـوث كثيرة في هذا المضمار وتمكن العالم نلسون من رسم مخطط يبين علاقة درجة الحرارة بالضغط الجزئـي للهايدروجين يعتمد عليه كثيرا في الصناعة حاليا •

مع ذلك فقد لوحظ حصول نقص في بعـض عناصر السبيكة فيمناطق اللحام في سبائك جيـدة الاختيار • لذلك من المهم جدا ان تفحص مناطـق اللحام في الاجهزة المشـتغلة للتأكـد من مكونــات السبيكة • ان التلف بالهايدروجين الحار هـو تلف تراكمي Cumulative ويعتمد على فتـــرة الحضانة Incubation التي تعتمد بدورها على مقدار النقص فيمكونات السبيكة وعلى شـدة



شكل رقم ٤٢٩ (مخطط نلسون)

الظروف التشغيلية .

شرح لبعض الحوادث التي حصلت نتيجة نقص مكونات السبيكة في اللحام

الحادثة الاولى

حصل نضوح في خط لحام في channel عائد لمبادلة حرارية يحصل تبادل حراري فيها بين مغذي احد مفاعلات وحدة تحسين البنزين والناتج الرئيسي من المفاعلات بعد ثلاث سنوات من تشغيل المبادلة الحرارية . كانت السبيكة المصنوع منها الـ channel تحتوي على (١ر٢٥) بالمائة كروم و (٠ر٥) بالمائة مولبدنوم . بعد الحادث حللت السبيكة في منطقة اللحام فوجدت نسبة الكروم (٠ر٢) بالمائة و (٠ر١٣) بالمائة مولبدنوم . كان الضغط الجزئي للهايدروجين (٣٧٥) باون / انج مربع ودرجة الحرارة (٩٥٠)°ف .

بعد هذه الحادثة تم فحص مناطق اللحام في المبادلات الاخرى المشابهة بواسطة الفحص المغناطيسي للكشف عن التشققات وكما تم تحليل نماذج منها . بعد الفحص وجد تشقق داخلي في احد خطوط اللحام الافقية نتيجة نقص في مكونات السبيكة .

الحادثة الثانية

بعد فحص اللحام في احد مفاعلات تحسين البنزين المصنوع من (١) بالمائة كروم (٠ر٥) بالمائة مولبدنوم وجد بأنه يحتوي على عيوب كثيرة منها وجود بثور فيها غاز الميثان داخل السطح وتنقر على حدود مجاميع البلورات وقلة في نسبة الكاربون مع تشققات . كانت نسبة الكروم في خط اللحام بين (٠ر٠٢) الى (٠ر٥٤) بالمائة . ظروف التشغيل كانت (٨٨٠ـــ٩٩٠)°ف و (٢٧٧ـــ٤٠٥) باوند / انج مربع ضغط جزئي للهايدروجين لم يعرف سبب تكون هذه العيوب . الا أن جميع اللحام ازيل من المفاعل ولحم مرة اخرى .

الحادثة الثالثة

حصل تلف مفاجيء في ثلاث مفاعلات تحسين البنزين مصنوعة من الحديد الاعتيادي ومبطنة بعازل من الداخل . السبب لايعود الى نقص في اللحام وانما كان بسبب تعدي درجات الحرارة التصميمية . كان المفروض ان تكون اعلى درجة حرارة يتعرض لها الجدار الخارجي ٣٠٠°ف . الا ان الجهة التشغيلية رفعت درجة حرارة السطح الى (٦٠٠ ـــ ٧٥٠)°ف . كان الضغط (٣٣٠) باوند/ مربع وحصل التلف بعد سنة واحدة من التشغيل .

الحالة الرابعة

تشقق لحام افقي في واحد من اربعة مفاعلات تحسين البنزين المصنوع من (١) بالمائة كروم (٠ر٥) بالمائة مولبدنوم بضغط (٦٠٠) باوند / انج مربع مؤديا الى حريق كبير . كان طول الشق (٣٦) انج . اظهر التحليل الكيمياوي نقص في نسبة الكروم الى (٠ر١٢ـــ٠ر١٥) بالمائة ونسبة المولبدنوم الى (٠ر١٢ ـــ ٠ر١٧) بالمائة .

بعد التحقيق ظهر ان السلك المستعمل في اللحام كان من الحديد الاعتيادي . اما الـ flux فكان من الكروم والمولبدنوم . لم يجري اي تحليل كيمياوي لنسب السبيكة في منطقة اللحام .

ازيل اللحام من جميع المفاعلات الاربعة ولحم بواسطة سلك جديد وتم التأكد من النسب بالتحليل الكيمياوي .

الحالــة الخامســة

حصل تشقق في الرأس العلوي لاحد مفاعلات تحسين البنزين المصنوع من (٥ر٠) بالمائة مولبدنوم. كان السبب ناتج من استعمال طــوق Ring داخلي لمسك غطاء العازل Shroud . كــان هذا الطوق ملموما على الرأس العلوي وكـــان مصنوعا من الحديد الاعتيادي فلم يتحمل الظروف التشغيلية وحصلت فيه تشققات انتقلت عن طريــق اللحام الى الرأس العلوي .

هــذه الحادثة تبين أهمية اختيار السبائك المناسبة لجميع اجزاء المفاعل سواء التي تحتوي على ضغط ام لا .

من المستحسن تصنيع الاجزاء الداخليـــة المتصلة بالجدار بواسطة اللحام من (١٢) بالمائــة كروم حتى تتحمل درجات الحــرارة والضــغوط التشغيلية وتتكون نسبة لابأس بها من الكروم في منطقة اللحــام .

نتائج بعض التحقيقات

تم دراسة هذه الظاهرة من قبل جهات مختلفة وقد ظهرت التوصيات والنتائج التالية :ـ

١ ـــ يجب على جميع المعنيين الالمـــام بالخطورة الجدية التي يتعرضون لها عنــد تشغيل المفاعلات او المبادلات الحرارية وغيرها فوق الظروف الامنية التي يحددها مخطط نلسون .

٢ ـــ ان طبيعة التلف هو عبارة عن تفســخ داخلي لايمكن الكشف عنه بالفحص من الســطح . قد تظهر بثور في بعض الاحيان .

٣ ـــ الطريقة الوحيدة للتأكد من ســـلامة اللحام هي التحليل الكيمياوي لمكونات السبيكة في منطقة اللحام .

٤ ـــ يجب التأكد بالتحليل الكيمياوي ان نسب مكونات السبيكة في منطقة اللحام هي نفسها فــي سبيكة الجدار عند ملاحظة نقص في مكونات السبيكة يزال اللحام كليا ويلحم مرة اخرى .

٥ ـــ بينت التجارب انه عند انقضاء فتــرة الحضانة يبدأ التلف بسرعة . اظهرت بعض النتائج بان السبيكة تضعف بعد (١٠٠) ســاعة بالنســبة لدرجات الحرارة أعلى من ١٠٠٠°ف وحوالـــي (٤٠٠)ساعة لدرجة حرارة (٨٠٠)°ف . الا ان هذه الفترات القصيرة من الحضانة لاتعني ان الســبيكة ستنهار بسرعة . انما يجب ان نعلم انه اذا اردنا ان نطيل هذه الفترة فيجب علينا تقليل درجة الحرارة التي تعتبر اهم عامل .

٦ ـــ للهايدروجين الحار تأثير مباشر على مدى قدرة تحمل المعدن للوزن Load Carrying Capacity لذلك يحصل تلف كبير في المناطق التي فيهـا نقص في مكونات السبيكة .

٧ ـــ ان التشغيل بظروف اعلى من التصميمية

يعرض الاجهزة للخطر الجدي • في بعض الاحيان تقوم الجهة التشغيلية برفع درجات الحرارة وبدون اعلام الجهة المسؤولة عن حالة الاجهزة • لذلك يجب وضع برنامج دوري لفحص اجهزة الهايدروجين الحار وتحليل نسب مكونات السبيكة في مناطق اللحام باخذ قطع صغيرة بين فترة واخرى •

اختيار السبائك المناسبة لوحدات الهايدروجين والتجزئة

اعتبارات عامة :ـ

تختلف ظروف التشغيل من وحدة الى اخرى ومن الصعوبة تحديد ظروف التشغيل لاي وحدة بصورة مضبوطة مما يجعل اختيار السبيكة المناسبة من الامور المعقدة •

اكثر المعادن استعمالا في الصناعة هو الحديد الاعتيادي ، ولكنه لايقاوم لفترات طويلة ويتآكل في معظم الاوقات • من الممكن تحسين أداءه بواسطة التغطية ، التبطين ، استعمال مانع التآكل او برمجة التبديل •

في معظم ظروف التشغيل في وحدات الهايدروجين يهمل الحديد الاعتيادي مباشرة ويدرس استعمال سبيكة اجود ان الاختيار المناسب يعتمد على الخبرة والمعلومات المتوفرة من التجارب الحقلية •

انابيب الافران

من المعلومات الحقلية التي يستفاد منها المصمم اشتغال انابيب بعض الافران المختلفة لمدة عشر سنوات مرضية • هذه الافران تداول النفط الخام بنسبة كبريت عالية وبالظروف المذكورة ادناه :ـ

١ ـ في درجة الحرارة (٦٥٠)°ف وضغط (٢٥٠٠) باوند / انج مربع استعملت انابيب من (٥) بالمائة كروم و (٥ر٠) بالمائة مولبدنوم •

٢ ـ في درجة حرارة (٧٦٠)°ف وضغط (٧٠) باوند / انج مربع استعملت انابيب من (٥) بالمائة كروم و (٥ر٠) بالمائة مولبدنوم •

٣ ـ في درجة حرارة (٨٦٠)° ف وضغط (٢٥٠٠) باوند / انج مربع استعملت انابيب من نوع Type 304 .

٤ ـ في درجة حرارة (٩٥٠)°ف وضغط (٥٠) باوند / انج مربع استعمات انابيب من نوع Type 347 .

٥ ـ في درجة حرارة (٨١٠)°ف وضغط (٥٠) باوند / انج مربع استعملت انابيب من نوع الفولاذ المقاوم للصدأ نوع Type 410.

٦ ـ في درجة حرارة (٦٠٠)°ف وضغط (٥٠) باوند / انج مربع استعملت انابيب من الحديد الاعتيادي •

ان السبائك المذكورة اعلاه نجحت في العمل لمدة عشر سنوات على الاقل وتعتبر كدليل مهم للمصمم •

اما المعلومات الخاصة عن ظروف التآكل في درجات الحرارة العالية فتعتبر نادرة جدا •

متطلبات عمر السـبيكة

الجدول ادناه يستعمل كدليل عنـد حسـابسماح التآكل Corrosion allowance لاجهزة وحدات المدرجة والتجزئة :ــ

العمـر التصميمي	الجهــاز أو الفقــرة
٥ ســنوات	١ ــ أنابيب الحديد الاعتيادي ٢ ــ حزم المبادلات الحرارية المصنوعة مــن الحديد الاعتيادي ٣ ــ الأجزاء الداخلية للمضخات
١٠ ســنوات	١ ــ الانابيب المصنوعة مــن السـبائك ٢ ــ الأجزاء الداخلية للاوعية والمفاعلات ٣ ــ أنابيـب الافــران ٤ ــ جـدران المضخات Casings ٥ ــ حزم المبادلات الحرارية المصنوعة مــن السـبائك ٦ ــ قشر المبادلاتالحرارية ذات الضغطالواطيء ٧ ــ الاوعية ذات الضغط الواطيء
٢٠ ســنة	١ ــ المفاعلات والاوعية ذات الضغط العالي ٢ ــ ابــراج التجزئــة ٣ ــ قشر المبادلاتالحرارية ذات الضغطالعالي

المفاعــلات :ــ

تنشأ المفاعلات حديثا من عدة طبقات Multi-Layer وهذا التصميم له ميزاته الحسـنة . تستعمل السبائك ذات المقاومة العالية للتاكــل للاجزاء الحاوية على المواد الماكلة .

قد يحتوي جو المفاعل على هايدروجين بضـغط عالي وكبريتيد الهايدروجين والمواد النفطيــة .

يستعمل الفولاذ المقاوم للصدأ نوع (٣٤٧) لتلبيس الجدار الداخلي وللاجزاء الداخلية . أما فتحـات الدخول والخروج Nozzles فيستعمل الفولاذ المقاوم للصدأ نوع(٣١٦)وذلك لصعوبة نوع(٣٤٧).

بالاضافة الى ذلك يستعمل أحيانا سمك (٦)أنج من العازل المصبوب لتبطين المفاعل وذلك لتقليــل درجة حرارة سطح المفاعل .

أوعية عـزل الغاز عـن السائل

جو هذه الاوعية مشابه تماما للمفاعلات لانهـا تغذى منها • الاختلاف أن فيها غاء وسائل بدلا من سائـــل فقـــط •

لذلك فان مـواد الصنع مشابهة أيضا •

المبادلات الحراريـة

من الصعوبة تحديد مـواد الصـنع للمبادلات بصورة عامة لان كل مبادلة لها ظروف خاصـــة • يعتمد الاختيار على حالة المواد الداخلة الى المبادلة أي اذا كانت غازية ، سائلة أو خليط منهما • لذلك تستعمل مخططات نلسون لكل حالة على حـــدة • أجريت بحوث واسعة حولتاثير كبريتيد الهايدروجين وظهر أن زيادة نسبة الكروم من صفر الـــى (٥) بالمائة لايزيد من مقاومة التاكل — الا أن سرعـة التاكل تتوقف عند ضغط جزئيلكبريتيد الهايدروجين بين (٢٠—٣٠) باوند /أنج مربع •

معظم المبادلات الحرارية تصنع من الحديـــد الاعتيادي اما اذا كانت تبرد بواسطة ماء البحـــر فتستعمل سبيكة المنيوم برونز أو البراص • فـي ظروف قاسية تستعمل سبائك الفولاذ المقاوم للصدأ أو التبطين بنوع (٣٤٧) مع أنابيب نوع ٣٠٤ •

يحصل في معظم الاحيان تاكل جهدي عند توقف الوحدة نتيجة لدخول الماء والاوكسجين • لذلـــك يجب تجنب دخول الماء الى هذه المبـــادلات باستعمال الغاز الخامل وخاصة لسبائك الفـــولاذ التي تتاثر بالكلوريد الموجود في الماء •

الافـــران

الافران نوعان ، نوع للهيدروجين ونوع للمادة النفطية • قد تكون الانابيب افقية أو عموديـــة • تختلف درجات حرارة الهايدروجين من (٥٤٠)°ف في الدخول الى (١١٠٠)°ففي الخروج بضغط حوالي (٢٦٠٠) باوند /أنج مربع في هذه الحالة يجـــب أستعمال الفولاذ المقاوم للصدأ المصبوب نـــوع Austenitic أما لافران المواد النفطيـــة فلا يستعمل الفولاذ المقاوم للصدأ بل تســـتعمل سبائك الكروم والمولبدنوم • هذه المواد النفطيـة قد تحتوي على (٥) بالمائة كبريت وتداول بدرجات حرارة بين (٧٥٠—٨٠٠)°ف • بينـــت التجارب أن أستعمال (٩) بالمائة كروم يزيد من مقاومة التاكـل بصورة ملموسة واقتصادية •

اجهـــزة الفصـــل

يكون مغذي برج النـــزع stripper بضغط واطيء ولكن بدرجة حرارة عالية • ينتج التاكل من مداولة النفوط ذات الكبريت العالي • بما أن الضغط واطيء يكون الضغط الجزئي لكبريتيد الهايدروجين واطيء أيضا لذلك يستعمل الفولاذ المقاوم للصـــدأ المحتوي على (١٢) بالمائة كروم • قد يســـتعمل تلبيس من نوع (٤٠٥) على سبيكة أساس نـــوع SA-212 gr. B للجدار • تكون الاجـــزاء الداخلية مصنوعة من الفولاذ المقاوم للصدأ نـــوع (٤١٠) •

اما بالنسبة لبرج الامتصاص فان الضغط يكون فيه عالي ، اما الحرارة فواطئة وقد تكون ادنى من درجة حرارة التكثف Dew point مؤدية الى تاكل مائي • لذلك يبطن هذا البرج بفولاذ مقـــاوم للصدأ نوع (٣١٦) • في برج التقطير يكون الضغط واطئا ودرجة الحرارة واطئة ايضا • يصنع البـــرج عادة من الحديد الاعتيادي نوع A-201 gr. A

ويلبس الجزء السفلي بالفولاذ المقاوم للصدأ نوع (٤٠٥) بسمك ١/٨ انج . تصنع الاجزاء الداخلية في المنطقة العليا من الحديد الاعتيادي نوع A-285 grade C عدا الصواني حيث تصنع جميعها من الفولاذ المقاوم للصدأ نوع (٤١٠) تكون الاجزاء الداخلية في المنطقة السفلى من الفولاذ المقاوم للصدأ نوع (٤١٠) ايضا .

يكون سماح التآكل للحديد الاعتيادي (١/٤) انج في المنطقة العليا و (١/٨) انج في المنطقة السفلى اما بالنسبة لبرج التقطير الفراغي فتكون درجة الحرارة في اسفله بين (٧٥٠-٨٠٠)°ف واقل من ذلك بكثير في المنطقة العليا . لذلك يستعمل تلبيس من الفولاذ المقاوم للصدأ نوع (٤٠٥) على حديد اعتيادي نوع A-263 في المنطقة السفلى . أما المنطقة العليا فتصنع من الحديد نوع A-201 gr. A .

كيفية الكشف على التلف بالهايدروجين

بالامكان أستعمال الموجات فوق الصوتية من قبل فاحص ماهر لتحليل تركيب بلورات معظم المواد . كذلك يمكن الكشف على أي تغير يحصل في هذا التركيب وملاحظة وجود تشققات داخلية . وقد أكدت التجارب المختبرية الحديثة أمكانية أستعمال هذه الموجات للكشف على تقليل المرونة في المعدن الناتج من الهايدروجين . معظم هذه التجارب تقام أذا كانت درجة حرارة سطح المعدن أقل من (١٥٠)°ف . أن أستعمال المجسات المبردة بالماء قد يساعد الفاحص على الكشف بدرجات حرارة أعلى .

خطورة الهايدروجين

أن تقليل المرونة بواسطة الهايدروجين أو أي تلف أخر يسبب مخاطر كبيرة للصناعة النفطية . لقد حصل انهيار في الاجهزة نتيجة نفاذ الهايدروجين في المعدن في المصافي النفطية والبتروكيمياويات ومعامل تصفية وتجميع الغاز وابار الغاز المحتوي على الكبريت .

قامت أحدى الشركات بتبديل ثلاث مفاعلات تحسين البنزين بسبب تقليل المرونة وفي فترة قصيرة جدا .

ماهو تقليل المرونة

كما ذكرنا سابقا يتكون الهايدروجين الذري من بعض التفاعلات الكيمياوية مثل :-

$$Fe + H_2S \longrightarrow FeS + 2H$$

أو قد يحصل تفاعل مشابه بوجود سايند الهايدروجين HCN تدخل ذرات الهايدروجين في المعدن عن طريق الفراغات والاوساخ المتكونة أثناء اللحام أو عن طريق الفتحات الطويلة Lamination وتتحد مع بعضها مكونة جزئيات الهايدروجين التي تنحصر داخل المعدن وتضغط عليه مكونة بثور على السطح . هذا يحصل فيدرجات الحرارة الواطئة لعدم تمكن جزئيات الهايدروجين من الخروج يتولد ضغط عالي يقدر بالاف الباونات/أنج مربع وتتكون البثور والتشققات في المعدن بذلك يكون المعدن عرضه لجهود كبيرة وينهار على أثرها . أن حصول التشققات السطحية والبثور هي العلامات الوحيدة التي من الممكن مشاهدتها والدالة علىالتلف بالهيدروجين أن المسوحات بالموجات فوق الصوتية على سطح المعدن قد تدل على وجود تشققات داخلية أو تكون بثور غير ظاهرة للعين المجردة قبل أن تكبر وتنمو وتشكل خطورة .

في درجات الحرارة العالية يتحد الهايدروجين الذري مع الكاربيد في السبيكة مولدا غاز الميثان .

$$Fe_4C_3 + 12H \longrightarrow 3CH_4 + 4Fe$$

٤ ــ متانة الكلـــل : Fatigue Strength

هذا عبارة عن الجهد الذي يتحمله المعدن لعــدد معين من الـــدورات •

ويستخلص هذا الجهد من مخططات عمــر الكلل والجهـــد •

٥ ــ حــــد الكلــــل Fatigue Limit

وهذا عبارة عن متانة الكلل عندما يصبح عــدد الدورات كبير جدا وعندما تصبح نهاية المخطط من الجهة اليمنى خط مستقيم بحيث يحصل الكلل بعد عدد كبير جدا من الدورات أو في بعض الحـــالات لايحصل مطلقا ويبقى الخط مستقيما مشيرا الـــى جهـد معين هـو جهد الكلل •

من المهم جدا معرفة هذه الخاصية عند التصميم وهي عادة مدونة لبعض المعادن والسبائك ولكـن لفتــرة (٥٠٠) مليون دورة فقــط •

العوامــل المؤثرة علـــى الكلل

١ ــ طريق تسليط الجهــد Compression

عند دراسة الكلل يفترض أن الجهد منتظم متغير تارة جهد شد وتارة جهد ضغط الا أن هذه الحالة لاتنطبق على الحالات الصناعية التي تحتوي على أشكال معقدة من الجهود ، مثل أجتماع الجهد المتكرر والمتغير من الضغط الى الشد مع جهد ثابت وجهد قص • لذلك وجب دراسة كــل حالة على حدة وتحليل الجهود المسلطة بصـــورة صحيحة للاهتداء الى نتائج قريبة للواقع • مثــلا عند تصميم النوابض Coil springs يؤخذ بنظر الأعتبار عامل جهد اللي Torsion المتعرض له النابض خلال عمره التشغيلي •

٢ ــ نوعية التلف الناتج من الكلل

يختلف التلف الناتج من الكلل من معدن الى اخر من حيث طريقة التكوين ؛ سرعة النمو وكيفيـــة حصول الانهيار ــ لذلك وجب دراسة نوعية التلف الذي يحصل في السبيكة أو المعدن ، وعند معرفــة كيفية حصول التلف وسرعة نمو التشققات يستطيع المصمم الاهتداء الى العمر التشغيلي الصحيح للجزء المــراد تصنيعه •

في بعض المعادن تبدأ التشققات المجهرية ولكنها لاتنمو فاذا بدأت في مراكز الجهد ثم تحركت باتجاه بعيد عن هذه المراكز فيوجد أحتمال كبير أنها تتوقف أو تقل سرعتها • أن سرعة نمو التشققات تختلــف من معدن الى أخر وتعتمد أيضا على الظـــــروف التشغيلية • أجريت تجارب عديدة لقياس طـــول التشققات مقابل تغيير في عدد الدورات • ظهـــر أن الشق في حالات الجهد الواطىء أطول منه في حالات الجهد العالي • ظهر أيضا أن الجهد الواطىء يولد شق رفيع • أما الجهد العالي فيولد شـــق عريض •

أذا تولد في المعدن شق رفيع نتيجةالجهد الواطىء ثم أزداد الجهد الى عالي فان الشق سينمو بصورة سريعة جدا • من الناحية الاخرى أذا تولد شــق عريض نتيجد الجهد العالي ثم قلل الجهد الى واطىء فأن سرعة نمو الشق ستقل كثيرا •

٣ ــ مراكــز الجهــــد Stress Concentrations

معظم حوادث الكلل تحصل نتيجة تركز الجهـــود في مناطق معينة من المعدن وتنشأ منها التشققات في المعادن المرنة المسلط عليها جهد ثابت مســـتمر يحصل فيها مراكز جهد في مناطق معينة كالثغرات أو

بلورات المعدن أو كان فقط تقليل الكاربون تصبح مساحة العيب صغيرة جدا وتستعمل في هذه الحالة طريقة التخفيف attenuation

في هذه الطريقة يقاس عدد أنعكاسات الموجات في السبيكة ومقارنتها بالعدد الحاصل خلال نفس السبيكة قبل اشتغالها في مستوى معين من الحساسية

أذا قرر أستعمال طريقة التخفيف فيجب تثبيت العوامل التالية : ـ

١ ـ يكون ضغط المجس على السطح متساو لكل تجربة.

٢ ـ تثبيت حساسية الجهاز والبلورة خلال التجارب.

٣ ـ قد يؤثر التاكل الداخلي على نتائج الطريقة

٤ ـ الاحتفاظ بالمؤشرات التي تظهر على شاشة الجهاز ، أما بتصويرها أو تثبيتها على أستمارة خاصة •

لقد أكدت الخبرة ضرورة السيطرة على العوامل المذكورة أعلاه للاسباب التالية : ـ

١ ـ في المحاولات الأولى كان الكشف على تقليل المرونة بواسطة نقاط متناثرة على سطح الوعاء • لم تكن هذه المحاولات ناجحة لعدم أعادة القياس في نفس النقاط ولصعوبة تطابق ضغط تماس البلورة مع سطح المعدن •

٢ ـ يطرأ تدهور تدريجي على البلورة بين فترات القياس أذا أستعملت في مناطق أخرى مما يؤثر على حساسيتها • بذلك لايمكن الحصول على نفس الحساسية في كل نقطة قياس •

٣ ـ تتغير حساسية الجهاز مع الوقت ويجب أخذ ذلك بنظر الأعتبار عند القياس •

٤ ـ لم تسجل المؤشرات الظاهرة على شاشة الجهاز بشكل مرضي وقرر أستعمال التصوير الفوتوغرافي للاحتفاظ بهذه المؤشرات •

لازالة الصعوبات المذكورة أعلاه تقرر وضع مجسات ثابته على كل وعاء في نقاط معينة على أن تترك على السطح بين فترات القياس ولاتستعمل لاي أستعمال أخر • يوضع المجس في أنبوب صغير nipple ملموم على الوعاء ويحتوي على غطاء مسنن لغرض المحافظة على المجس • هذه الطريقة جهزت ضغطا ثابتا بين المجس والسطح مع المحافظة على الحساسية بتعيير كل مجس بين فترة واخرى بقطعة قياسية Standard test block

شاع أستعمال طريقة المجسات الثابته بنجاح في أجهزة حفر الابار النفطية وعلى محاور الحركة المعرضة للكلل والجهد •

الصــــــدمة الحـــــــرارية

يحصل الكلل الحراري أذا زادت جهود التقلص والتمدد الحاصلة من تغيرات درجة الحرارة علــى متانة الخضوع Yield Strength بالنسبة للمواد غير الهشة • اما المواد الهشة كالزجاج مثلا، فانها تتكسر مباشرة (مثل صب الماء الحار في قــدح زجاجي) لهذه المواد نستعمل عبــارة (الصـــدمة الحرارية) •

اما الحديد مثلا فانه لاينكسر مباشرة لانه مرن ويحتاج الى جهود اعلى بكثير من متانة الخضوع لفترة طويلة قبل ان ينهار •

عمـــر الكلـــــل

من الممكن حساب عمر الكلل الحراري مـــــن معادلات معقدة تدخل فيها كثير مـــن الافتراضات الا انه من المستحسن النظر بعين الاعتبار الى خواص المعدن الفيزياوي من جميع النواحي قبل الاختيار •

التمـــدد الحراري

تختلف السبائك بعضها عن الاخر في تمددهـــا الحراري ولكن الاختلافات غير كبيرة • فمثلا معامل التمدد الحراري لبعض انواع الحديد الاعتيـــادي تقل عن معامـــــل التمــــدد الحراري للســـبائك Alloy steel بنسبة (٣٠) بالمائـــــة تقريبا بينما يقل معامل التمدد الحراري للســـبائك المحتوية على النيكل عن السبائك المقاومة للحـــرارة المحتوية على الحديد بنسبة (١٥) بالمائة • ولكـــن الذي يؤسف له انه معظم السبائك المستعملة فـــي درجات حرارة (١٢٠٠ـــ٢٠٠٠)°ف لها معاملات تمدد عاليـــة •

أما نسبة بوايسون فتختلف من سبيكة الـــى اخرى ، الا انها لاتعطي مجال جيد للاختيار وتؤخذ قيمتها عادة (٠,٣) لسهولة حل المعادلات •

اختيـــار الســـبائك

يكون أساس اختيار المصمم على عدة عوامل منها المتانة المطلوبة ومعامل التمدد الحراري ودرجة حرارة التشغيل وخواص الزحف وغير ذلك • الا ان الاختيار المناسب يجب ان يأخذ بنظـــــر الاعتبار التجارب التي أجريت على السبيكة والخاصــــــة بخواص الكلل الحراري • هذه التجارب وان اختلفت ظروفها عن الظروف التشغيلية الا انها ذات فائـــدة كبـــيرة للمصـــــمم •

لدرجات الحرارة التي لاتتعـــــدى (٨٠٠)°ف تستعمل السبائك الحديدية Ferritic steels فوق درجة حرارة (٨٠٠)°ف يجب ادراك مقــــدار فقدان المتانة للسبيكة مقارنة بمعامل التمدد •





كيفية حصـــول الكلل

تبدأ عملية الانهيار بتكون تشققات في المعدن • معظم هذه التشققات تنشا على عيوب في أصـــل المعدن التي تصبح مراكز جهود • أو قد تنشـــا التشققات على مناطق ضعيفة مثل الثقوب، الحواف الحادة أو أخطاء في اللحام أو التركيب • بعد ذلك تنمو التشققات الى أن تصبح مرئية ويكون حجمها كبيرا بحيث يضعف المعدن ويحصل الانهيار • لذلك فان عملية الكلل تمر بثلاث مراحل ، مرحلة التكوين ثم النمو واخيرا الكسر •

تفسر هذه الظاهرة بوجود بلورات ضعيفة فـــي المعدن ، عادة قريبة من السطح تنزلق من مكانهـــا بصورة تدريجية من جراء الجهود المتكررة مكونـــة تشققات مجهرية وهذه تنمو الى أن ترى بالعين •

تنمو التشققات في بعض المعادن بسرعة ، بينما تكون بطيئة في معادن أخرى • أذا كان المعـــدن ذو متانة عالية فان ذلك لايعني أن سرعة نمو التشققات فيه بطيئة بل العكس يحصـــل عنـــدما يبدأ أحـــد الشقوق بالنمو تسبقه مرحلة تكوين شق مجهري جديد وتتكون تفرعات صغيرة من شق واحــــد او تتكون شقوق جديدة في مواقع اخرى حيث تكـــون طبيعة الانهيـــــار هشــــــة Brittle

لكون طبيعة الكلل غامضة لحد الان يســـتعمل المصمم عادة عامل السلامة في حساباته ويسمى في بعض الاحيان وفي هذه الحالة فقط عامل الجهل •

خواصــ الكلــل

١ ــ عمــر الــــكلل Fatigue life

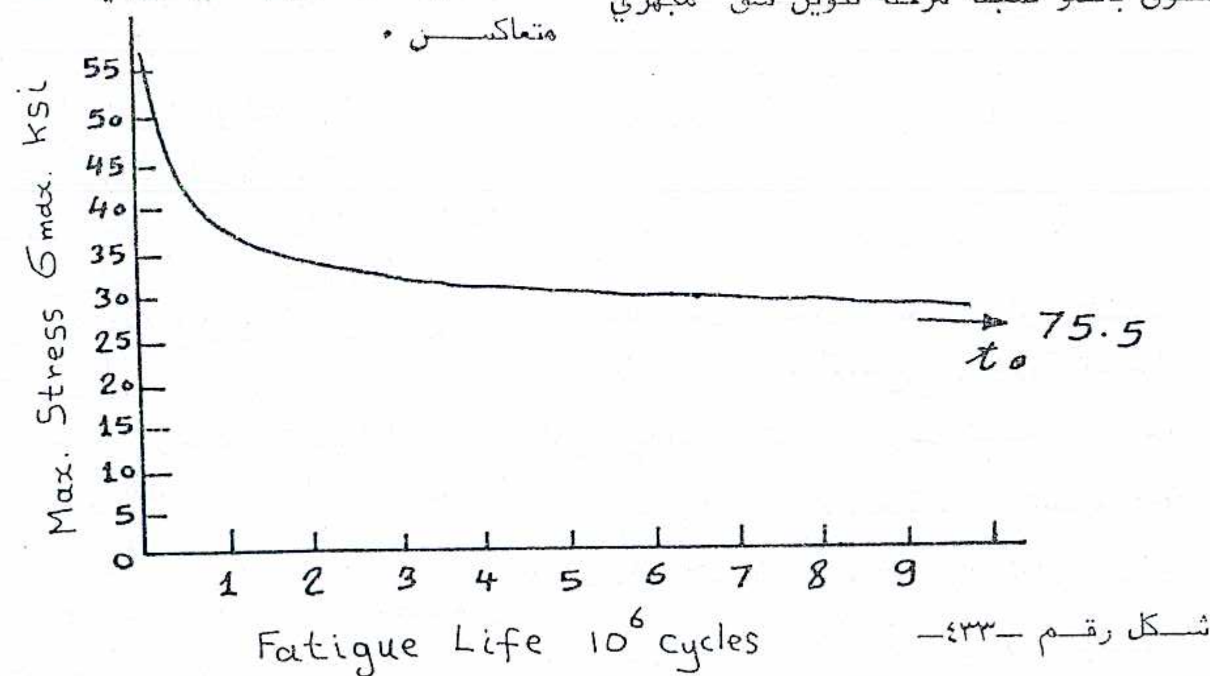
وهذا عبارة عن عدد الدورات اللازمة للانهيـــار تحت ظروف معينة ــ لايمكن قياس هذه الخاصية الا بالتجـــارب المختبريـــة •

٢ ــ عمــر الـــكلل المتوســـــط

وهذا مطابق لعمر الكلل بعد (٥٠) بالمائة مــــن الدورات اللازمة لحصول الانهيار •

٣ ــ مخطط عمر الـــكلل والجهد S.N. diagram

في هذا المخطط يمثل الخط العمودي الجهد الاعلى بالاف الارطال على الانج المربع • أما الخط الافقي فيمثل عمر المعدن بملايين الدورات كماموضح أدناه لشريط من البرونز الفوسفوري تحت حنـــى متعاكســــن •



شـــكل رقـــم ــ٤٣٣ــ

وهذا يسبب تقليل الكاربون في السبيكة وتقليل المرونة وضعف مقاومة السبيكة للجهـود •

متى يحصل تقليل المرونـة ؟

أن الظروف التالية مناسبة لحصول تقليـل المرونة بالهايدروجين : —

١ — الظـروف الحامضية PH واطئة

٢ — الظروف القاعدية PH عاليـة

٣ — في ظروف قاعدية مع تواجد السيانيـد

في الظـرف الثالـث المذكـور اعـلاه يختـرق الهايدروجين الذري المعدن ويتحد مع الكاربون مكونا الميثان الـذي يسبب تقليل المرونة •

منع حدوث تقليل المرونـة

بالامكان دفع الخطر بالسيطرة على درجـة الحموضة PH داخل الاجهزة • يحقن في بعض الاحيان محلول البولي كبريتيد مع الهواء أذا كانت نسبة السايند عالية • في حالة الحموضة وعـدم وجود السيانيد تستعمل الامونيا للمعادلة أن أضافة الكروم والمولبدنوم يقلل من أحتمال حدوث تقليل المرونـة •

الكشف على تقليل المرونـة

تكشف الموجات فوق الصوتية عن التغيرات التي تطرأ في التركيب الداخلي للحديد في ظروف معينة• قلة الكاربون في المعدن Decarburization يضعف الموجة العائدة الى الجهاز • تظهر التشققات الداخلية على شكل مؤشرات عيوب على شاشـة جهاز الكشف • أما الفراغات والفتحات الافقيـة وغيرها فتظهر على الشاشة كمؤشرات كبيرة لعيوب فـي المعـدن •

يؤكد الخبراء المختصون بان أي مؤشر يظـهـر على الشاشة يدل على عيب وقد يسبب خطرا كبيرا• لذلك يجب التركيز على المناطق التي تظهر فيها هذه المؤشـرات بصورة مسـتمرة •

المسوحات بالموجـات فوق الصوتيـة

أستعملت الموجات فوق الصوتية لعدة سنوات في تقييم تركيب البلورات، وتاثيرات الكلل وما شابه ذلك • ولكن معظم هذه الاستعمالات كانت مختبرية• أستعملت هذه الطريقة لاول مرة في حساب حجـم بلورات البراص وسبائك مشابهة لاتحتوي علـى الحـديد ••

لذلك تقرر أستعمال نفس المبدأ للكشف عن تقليل المرونة بالهايدروجين في أجهزة التصفية • وقـد نجحت الطريقة في درجات الحرارة أقل من (١٥٠)°ف بدون اللجوء الى أيقاف الاجهزة عن العمل • هـذه الطريقة من الممكن تحويرها لدرجات الحرارة العالية باستعمال التوصيلات الثابتة مع تبريد المجس أو الباحث بالماء باستمرار •

شـرح للطريقـة

تطلق الموجات فوق الصوتية التي هي عبارة عن موجات ضغطية مـن بلـورة لهـا خاصـية piezo-electric وتنعكس عندما تجابه طبقة تختلف بكثافتها عن كثافة السـبيكة أو او المعدن مثل الشقوق او الفراغات أو الفتحـات وغـير ذلـك • عند الرجوع الى البلورة تتحـول الى موجات كهربائية وتظهر على شاشة الجهاز •

تنعكس الموجات فوق الصوتية أذا كانت مساحة العيب أكثر من (١٠٠ر٠) أنج مربع مع وجـود تغير في الكثافة • أذا كان التاكل في حدود مجاميـع

الثقوب أو الاخاديد ، ولكن يحصل في هذه المناطق خضوع yield ينتقل من جرائه الجهد الى الاجزاء الاخرى من القطعة بحيث يكون توزيع الجهد متساوي تقريبا .

أما في القطع المعرضة لجهد متكرر متقطع فلا يحصل خضوع الا في مناطق محددة . لذلك فان مراكز الجهد في الكلل لها تأثير كبير .

يوجد معامل يستعمل في التصميم يسمى بمعامل مركز الجهد . وتوجد قيم لهذا المعامل في جداول ومخططات متوفرة لعيوب . أو ثغرات أو أخاديد باحجام معينة .

٤ ـ حجم القطعة

لمتانة الكلل علاقة واضحة مع حجم القطعة . القطعة الكبيرة تنهار عادة تحت جهد أقل من القطعة الصغيرة . وهذا يعود لكثرة مناطق الضعف أو مراكز الجهود في القطعة الكبيرة .

وقد بينت بعض التجارب المختبرية أن القطع الصغيرة أمتن من القطع الكبيرة

٥ ـ نسبة دورات الجهد

لكون الجهد متقطع فانه يحصل في مختلف الترددات حسب الظروف التشغيلية للقطعة. عموما

تزداد متانة المعدن بازدياد دورات الجهد المسلط . تكون الزيادة في متانة الكلل ضئيلة لجميع المعادن والسبائك عدا الحديد الاعتيادي في المدى (١٠٠ ـ ١٠٫٠٠٠) دورة في الدقيقة . في درجات الحرارة الاعتيادية .

٦ ـ الحرارة العالية

في درجات الحرارة العالية تتاثر متانة الكلل بتغير تردد دورات الجهد . مثلا في درجة حرارة (١٢٠٠)°ف تصبح متانة الحديد المستعمل للمنشات structural steel ضعف قيمتها أذا تغير التردد من (٢٠٠) الى (١٥٠٠) دورة في الدقيقة .

٧ ـ حالة السطح

كما ذكرنا سابقا أن معظم تشققات الكلل تتولد على السطح . لذلك فان حالة السطح مهمة جدا . فالسطح الخشن يقلل من متانة الكلل بنسبة (١٥ـ٢٠) بالمائة . لذلك فان تنعيم سطوح القطعة المستعملة يجب أن يتم باعتناء تام مع أزالة جميع الخدوش وبدون حصول جهود أضافية .

يجب الاشارة بان ليس جميع طرق معاملة السطوح تحسن مقاومة الكلل . فمثلا ان التغطية بالكهرباء electro-plating تقلل عادة من متانة الكلل وذلك بسبب وجود تشققات مجهرية عمودية في الغطاء التي تعمل كمراكز جهد . من طرق معاملات السطح الجيدة التي تعطي مقاومة الكلل هي عملية الطرق Peening التي تتضمن طرق القطعة بمطرقة مدورة أو كرة حديدية والتي تدخل جهود ضغط Compressive stresses التي تساعد على أعطاء السطح متانة جيدة ضد التشققات .

يجب تجنب أستعمال الكوسرة على السطح لفترة طويلة لان ذلك يسخن السطح ويدخل جهود الشد التي لها الاثر الكبير في تقليل متانة الكلل .

الكلل الحراري

يتولد هذا النوع من الكلل من استعمال الحرارة بشكل متقطع . حتى أذا كان المعدن مصمم لدرجات حرارة اعلى من التشغيلية الا أنه ينهار نتيجة الكلل الحراري .

رابعاً: الكلل

اعداد: المهندس بدري صالح جاسم

المقدمـــــة

عند تعرض المواد كالمعادن مثلا بجهود مكتـــررة او متقطعة ومتغيرة تحصل فيها حالة تسمى بالكلل هذه الحالة لاتحدث أذا كان الجهد المسلط ثابـــت ومستمر • تتميز المواد التي يصيبها الكلل بفقدان في المتانة والمرونة والعمر التشغيلي • يكون مقدار الجهد خلال المدى المرن elastic range

هذه الظاهرة تحصل نتيجة عدم تجانس تركيب السبيكة أو المعدن ، وتشبه الى حدما سلوك السبيكة عندما تصـــبح هشـــــة •

جميع الأجزاء الدوارة معرضة لجهود متغيرة ، وكذلك النوابض التي قد يحصل فيهـــا أنحـــراف ، واجنحة الطائرة تتعرض لرياح متغيرةواطار السيارة يتشـــوه كثيرا بعد الاســـتعمال •

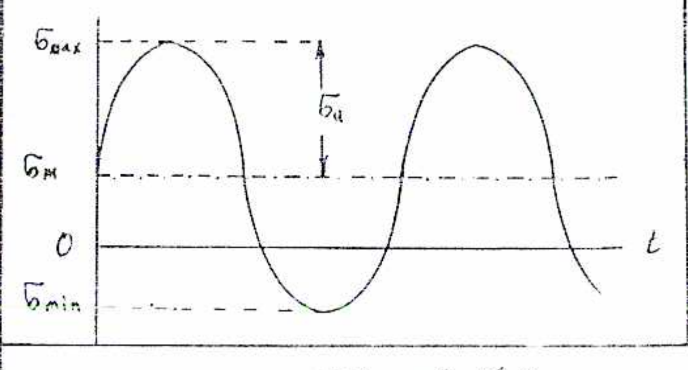
معظم الدراسات على هذه الظاهرة تجري علـــى المعادن لانها تفقد مرونتها وتصبح هشة بعد الكلل لذلك فانها قد تسبب خطورة كبيرة • أما المـــــواد الاخرى فتفقد متانتها أيضا عند الكلل ، الا أنها لم تدرس بصورة جيــــدة •

جهـــــود الكـــــلل

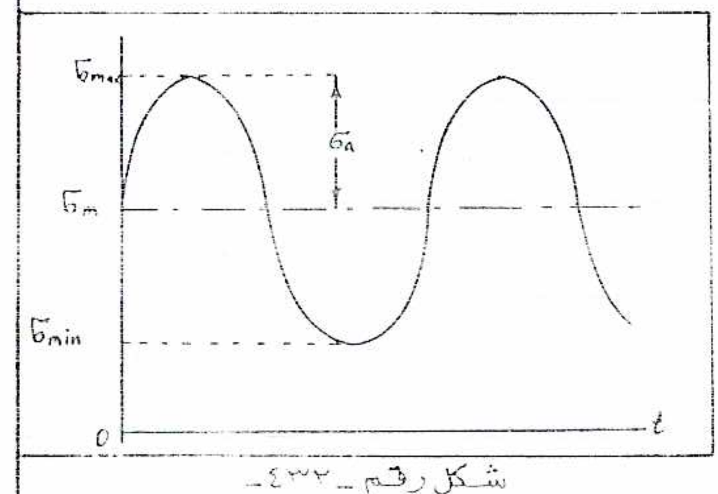
من ابسط جهود الكلل الجهود المتكرر المبـــــين ادنـــــــــاه

شـكل رقـم ـ ٤٣٠ـ

هذا ينطبق على جهود الحنى Bending التي يتعرض لها الاكسل الدوار وفي هــــــــذه الحالـــــة تكـــــون محصـــلة الجهـــد صفر • أما أذا تعرض المعدن لجهد ثابت أضافة الى الجهـــــد المتكرر أعلاه فيصبح المخطط كما يلي : ـــ



شـكل رقـم ـ ٤٣١ـ



شـكل رقـم ـ ٤٣٢ـ

تصبح محصلة الجهد تساوي الجهد الثابـــت ، أما الجهد الاعلى .max فيكون مجموع الجهــــد الثابت مضافا اليه الجهد المتكرر •

توجد حالات كثيرة في الصناعة تتضمن جهـــود متكررة ولكن غير منتظمة منها الجهود المسلطة على الطائرة التي تختلف دائما ولاتتبع نظام معين •

الفصل السادس

السبائك والمعادن المستعملة في صناعة التصفية

السبائك والمعادن المستعملة في صناعة التصفية

اعداد : المهندس بدري صالح جاسم

١ ـ السبائك الحديدية Ferrous alloys

وهذه سبائك الحديد وبصورة رئيسية الحديد الاعتيادي او الكاربوني Carbon steel والحديد الصب Cast Iron يعتبر الحديد الكاربوني سبيكة من الحديد والكاربون بنسب من الكاربون تتراوح من (٠١ر٠) الى (٧ر١) بالمائة . يحتوي الحديد المستعمل للانشاءات Construction على اقل من (١) بالمائة كاربون . بينما يحتوي الحديد المستعمل للحام على (٣٥ر٠) بالمائة كاربون كحد اعلى من احد انواع الحديد ما يسمى بالحديد القابل للطرق mild steel

في بعض الاحيان تضاف عناصر جديدة الى الحديد الكاربوني فتسمى السبيكة الناتجة سبيكة حديدية . اذا كانت نسبة العناصر الجديدة اقل من (٥) بالمائة تسمى السبيكة بذات النسبة الواطئة Low alloy اما اذا كانت النسبة بين (٥) الى (١٠) بالمائة فتسمى السبيكة بذات النسبة المتوسطة Intermediate alloy مثل السبيكة المحتوية على (٥) بالمائة كروم او (٩) بالمائة كروم التي غالبا ماتستعمل في انابيب الافران .

اما السبائك المحتوية على اكثر من (١٠) بالمائة من العناصر الجديدة فتسمى السبائك ذات النسبة العالية high all y مثل الفولاذ المقاوم للصدأ نوع (١٢) بالمائة كروم او (١٨) بالمائة كروم و (٨) نيكل .

يحتوي الحديد الصب على (٧ر٢) الى (٦ر٣) بالمائة كاربون و (١) الى (٧٥ر٢) بالمائة سليكون توجد سبائك من الحديد الصب تحتوي ايضا على نسب من الكروم او النيكل .

يوجد نوعان رئيسيان من سبائك الحديد ، النوع الفريتي Ferritic والنوع الاوستينيتي Austenitic يتضمن النوع الاول على الحديد الكاربوني والسبائك ذات النسب الواطئة والمتوسطة والعالية . اما النوع الثاني فيتضمن الفولاذ المقاوم للصدأ نوع (١٨ر٨) و (٢٥ر٢٠) و (٢٥ر١٢) و (٢٠ر٢٩) .

يكون الحديد الصب فريتي وقسم من سبائك الحديد الصب اوستينيتي مثل Ni-Resist

أ ـ السبائك الفريتية

يتكون تركيب هذه السبائك من نوعين من البلورات ، النوع المسمى بالفرايت Ferrite والنوع الثاني سمينتايت cementite . ان الفرايت هو عبارة عن حديد نقي طري ومرن . اما السمينتايت فهو مركب كيمياوي من الكاربون والحديد Fe_3C ويكون هشا . لذلك فان جميع هذين المركبين يعطي الحديد المرونة والصلابة العالية في نفس الوقت . وتعتمد متانة ومرونة الحديد على نسب وجود هذين النوعين من البلورات او بمعنى اخر على التركيب الكيمياوي . فمثلا كلما كانت نسبة الكاربون عالية كانت نسبة

السمينتايت عالية ايضا وبالعكس • ان اضافة عناصر جديدة قد تؤدي الى تقوية الفرايت •

عندما تسخن السبائك الفريتية فوق درجة حرارة معينة تبدأ بلورات السمينتايت والفرايت بالذوبان بعضها في الاخر مكونة نوع جديد يسمى الاوستينايت الذي هو عبارة عن محلول صلب من الحديد والكاربون واي عنصر اخر • تختلف درجة الحرارة التي يحصل فيها هذا التغير باختلاف نسب المكونات • فمثلا تكون (١٣٥٠)°ف للحديد القابل للطرق و (١٥٠٠)°ف للحديد المحتوي على الكروم وللفولاذ المقاوم للصدأ المحتوي على (١٢) بالمائة كروم • عند التبريد البطيء يتحول الاوستينايت مرة ثانية الى الفرايت والسمينتايت •

يحتوي الفولاذ المقاوم للصدأ S.S. عادة على اكثر من (١٣) بالمائة كروم ، ويسمى مقاوم للصدأ لأن مقاومته للتآكل ترتفع بصورة ملحوظة في نسبة (١٢) بالمائة كروم وتستمر بالارتفاع كلما زادت نسبة الكروم •

لاتستعمل السبائك الفريتية في درجة حرارة اعلى من تلك التي يتكون فيها الاوستينايت وذلك لتجنب تغير التركيب ولتجنب الاكسدة • الا انه في حالات ترسب الفحم او الاخطاء التشغيلية او الحرائق او التصميم غير الجيد تتعرض هذه السبائك لدرجات حرارة مفرطة •

ب ـ السبائك الاوستنيية

في السبائك الفريتية يتكون التركيب الاعتيادي من الفرايت والسمينتايت الناتجة من تبريد الاوستينايت تحت درجة حرارة معينة • توجد سبائك تحتوي على تركيب كيمياوي معين بحيث ينتج اوستينايت مستقر الى حد درجات الحرارة الاعتيادية تسمى هذه السبائك الاوستينيته • توجد أنواع متعددة من هذه السبائك الا أن النوع الشائع الاستعمال في المصافي هو الفولاذ المقاوم للصدأ •

تحتوي هذه السبائك على العموم على اكثر من (١٢) بالمائة كروم و (٦) بالمائة نيكل لتثبيت الاوستينايت • من السبائك المعروفة (١٨) كروم (٨) نيكل (نوع ٣٠١ ، ٣٠٢ ، ٣٠٣ ، ٣٠٤ ، ٣١٦ ، ٣٢١ ، ٣٤٧) و (٢٥) كروم (٢٠) نيكل (نوع ٣١٠) و (٢٠) كروم (٢٩) نيكل •

يحتوي التركيب الاعتيادي لهذه السبائك على بلورات من الاوستينايت فقط • عند التسخين والتبريد لاتحصل اي تغيرات في البلورات ، لذلك لاتتعرض هذه السبائك للتصلب او انفصال الكاربون Graphitization

ج ـ الحديد الصب

من مميزات الحديد الصب انه يحتوي على نسبة كاربون عالية • بينما يكون الكاربون ذائبا في تركيب السبائك الاخرى ، الا انه توجد زيادة منه غير ذائبة في الحديد الصب • ويوجد الكاربون الزائد على شكل أضلاع من الفحم في نسيج من البلورات • ان هشاشة الحديد الصب هي بسبب وجود اضلاع الفحم المذكورة التي تقلل من متانته ومرونته عندما ينكسر سطح الحديد الصب يظهر اللون الرمادي الناتج من وجود الفحم ، لذلك يسمى الحديد الصب في بعض الاحيان بالحديد الرمادي •

يوجد نوعان رئيسيان من الحديد الصب مستعملة في المصافي ، النوع الفريتي والنوع الاوستينيتي • في النوع الفريتي يوجد الفحم

في نسيج من الفرايت والسمينتايت • بينما فـــي النوع الاخر يوجد نسيج من الاوستنايت • لكون الحديد الصب هشا وضعيف المتانة لـــم يستعمل بصورة كبيرة داخل الوحدات التشغيلية وخاصـــة لمداولة المواد الهايدروكاربونية • قد يزداد استعمال الحديد الصب في المصافي وذلك لاستحداث نـــوع جديد اكثر مرونة يسمى ductile Iron في هذا النوع الجديد يوجد الفحم بشكل عقـــد modular بدلا من اضلاع • وتكـــون خواصه الميكانيكية بين الحديد الصب والســـبائك الحديديـــة •

٢ ـــ السبائك والمعادن غير الحديدية

Non-Ferrous metals & alloys

هذه تحتوي على نسبة حديد اقل مـــن (٥٠) بالمائة • تعتمد التسمية على العنصر الـــذي نسبته اعلى من (٥٠) بالمائة • لذلك فأن المونيـــــل (٧٠ بالمائة نيكل و٣٠ بالمائة نحاس) يعتبر سبيكة مـــن النيكـــل •

أ ـــ النيكـــل وســـبائكه

يستعمل النيكل النقي والمونيل لمقاومة التآكل في درجات الحرارة الواطئة •

توجد ســـبائك النيكل والموليدنوم والحديـــد بمكونات متنوعة ويطلق عليها اسماء مختلفة مثـــل هاستيلوي (ب) (٦٢ نيكل ، ٣٢ مولبدنـــــوم ، ٦ حديد ،) والاليوم G (٥٨ نيكل ، ٦ نحاســـــ ، ٦ حديد ، ١ر٢ منغنيز ، ٢٢ كروم ، ٦ مولبدنوم ، ٦ر٠ سيليكون) وتستعمل في المصافي لمقاومة التآكل في درجات الحرارة المتوسطة تستعمل سبائك النيكل والسيليكون ، مثل الهامستيلوى S والاليوم S لمقاومة التاكل بحامض الكبريتيك • هذه السبائـــك مصبوبة وهشـــــة ••

يوجد ايضا سبائك النيكل والكروم مثـــــل الانكلولوي الانكلونين التي تســـتعمل لمقاومـــة التآكل في درجات الحرارة المتوسطة ولخواصـــها المتميزة في درجات الحرارة العالية • يســـــتعمل الانكلولوي (٨٠٠) (٢١ كروم ، ٣٢ نيكل) لمقاومـــة التآكل الكيمياوي بينما يستعمل الانكلونيل (٦٠٠) (١٥ كروم ، ٧٦ نيكل) لمتانته الكبيرة في درجـــات الحرارة العالية • يشابه تركيب هـــذه الســـبائك الفولاذ المقاوم للصدأ الاوستينيتي •

في بعض الاحيان تستعمل سبائك النيكل في حالة Cold working لزيادة المتانة • بعض سبائك النيكل مثل المونيل K والانكونيل X تستعمل في حالة معاملته حراريا heat treated

ب ـــ النحاس وسبائكه

يستعمل النحاس النقي في المصافي للموصلات الكهربائية والحشوات ولمقاومة التآكل • من بعض سبائك النحـــاس البراص والبرونـــز والنحاس / نيكـــل •

ج ـــ الالمنيـــوم وســـبائكه

يســـــتعمل الالمنيوم وسبائكه في وحــــدات التصفية لمقاومة التآكل في المنشآت التي يجـــب ان يكون وزنها خفيفـــا •



REFERENCES

1 — Harmer E. Davis: "The testing and inspection of engineering materials", McGraw — Hill, New York, 1955.

2 — ASME: "Unfired pressure vessels", ASME, New York, N.Y. 10017, 1965.

3 — Robert C. McMaster: "Nondestructuve testing handbook," in two volumes, the Ronald Press, New York, 1963.

4 — W.E. Schall: "X-Rays," Bristol: John Wright, 1961.

5 — J. Krautkramer: "Ultrasonic testing of materials," New York, 1969.

6 — J.F. Strachan: "The Petroleum refinery engineer's handbook," E. & F.N. Spon, London, W.C.2, 1955.

7 — Taylor Lyman: "Metals handbook," the American Society for Metals, Ohio, 1960.

8 — D.E. Dickie: "Rigging Manual," construction safety association of Ontario, Canada, 1975.

9 — D.E. Dickie: "Crane handbook," construction safety association of Ontario, Canada, 1975.

10 — Arthur L. Phillips: "Welding handbook," in four volumes, American welding society, New York 18, N.Y., 1960.

11 — Omer W. Blodgett: "Design of welded structures," Lincoln Arc welding, Ohio, 1972.

12 — "Procedure handbook of Arc Welding," the Lincoln electric company, Cleveland 17, Ohio, 1962.

13 — T.B. Jeffer Son: "Metals and how to weld them," the James F. Lincoln arc welding foundation, Ohio, 1972.

14 — "The procedure handbook of arc welding,'" the Lincoln electric company, Ohio, 1973.

15 — NACE: "Basic corrosion course," NACE.

16 — ASTM: "ASTM standards book," ASTM, Philadelphia, 1969, 1970.

17 — API: "Guide for inspection of refinery equipment," American petroleum institute, New York, N.Y. 10020, 1961.

18 — "Radiographs of Welds," International institute of welding, Sweden, 1961.

19 — B.S.: "British standards," London, 1962.

20 — "Electric welding," Brown, Boveri, Switzerland, 1961.

21 — F. Koenig Sberger: "Welding technology," London.

22 — Felix Wuttke: "Gas welding," Technical fundamentals, Leipzig.

23 — The Wells-Krautkramer: "Blue book," Ultrasonic testing school, Wells, U.K.

24 — Struers: "Metallography," Leaflets of struers scientific instruments, Copenhagen, Denmark.

25 — A.C. Davies: "The science and practice of welding," Cambridge, Uni., 1972.

26 — Robert E. Reed-Hill: "Physical metallurgy principles," New York 1974.

27 — S. Timoshenko: "Strength of materials, Princeton, New Jersey,. 1963.

28 — I. Kamenichny: "Heat treatment handbook," Moscow, 1969.

29 — Cedric W. Richards: "Engineering materials science", London, 1961.

30 — ASTM: "Handbook of industrial metrology", ASTM, 1967.

Note :

The editing committee wishes to thank greatly the institutions and companies whose books and standards are mentioned in the references above and from which some photographs and information have been used in this book. We mention especially the American Petroleum Institute and the American Welding Society and the British Standard Institution.

Because time for printing this book was very short, it was not possible to obtain the required permission for those photographs and information.

We are confident that those institutions and companies who are well known for their efforts in spreading scientific knowledge to all industries, will be happy to have shared in this book.

We also thank the authors of books mentioned above from which our experience has expanded.

Bedri S. Jassem
for/Editing Committee

ملاحظـــة :

تشكر هيئة التحريــر المؤسسات والشــركات المصدرة للكتب والانظمة المذكورة في حقل المصادر اعلاه وخاصة مؤسسة البترول الامريكية وجمعيــة اللحــــام الامريكيــــة وهيئـــــة المقاييــــس الامريكيــــة التـــي اخـــــذت قســــم مـــــن الصور والمعلومات القيمة من مطبوعاتها فـــي هـــذا الكتاب ، ولم يسمح الوقت لاخــذ الموافقـــــات الاصولية ولو ان هيئة التحرير على ثقة تامة بـــان هذه المؤسسات والشركات المشهورة بالتعاون الكبير في نشر العلم في كافة ارجاء الصناعات العالمية سوف تقابل هذه الخطوة بكل رحابة صدر .

كما وتشكر هيئة التحريــر مؤلفي الكتــب المذكورة في حقل المصادر والتي اســتفادت منهــا الهيئة استفادة كبيرة .

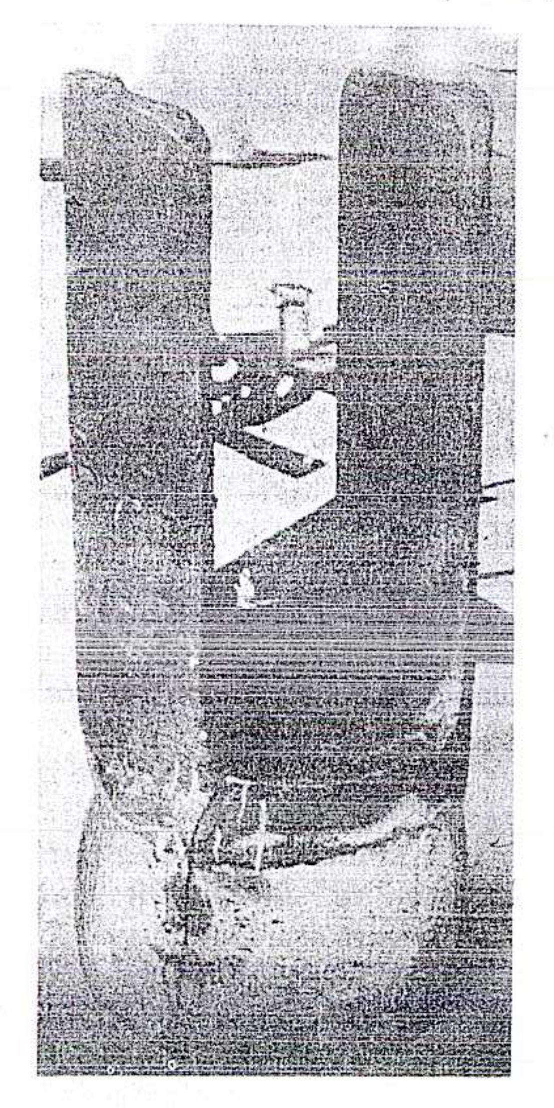
بدري صـــالح جاسم
عن / هيئـــة التحريـــر

استدراك

وردت بعض الاخطاء سهوا وهي لاتخفى علـى القارىء الاريـب .

وفيما يلي ايضــاح لها معذرة :

١ ــ لم يرد بعد نهاية العمود الايسر مـن صفحة ٢٧٣ مباشرة الشكل الاتــي وهــو برقـــم ١٧٨ :



٢ ــ يكون النص في بداية الصفحة (٤١١) قبل الجدول كما يلي :

$$\text{نسبة الانتقـــال \%} = \frac{\text{وزن المعدن المنتقل في السلك}}{\text{وزن معدن السلك المحترق}} \times 100$$

وهذه النسبة في الحالاتالاعتيادية تتراوح ٧٥ــ٩٥٪ .

بعض الامثلة لأسلاك اللحام المستعملة في اللحام الصــلب : ــ

فهـــرس